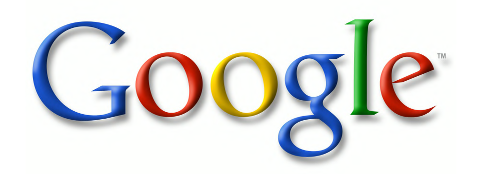
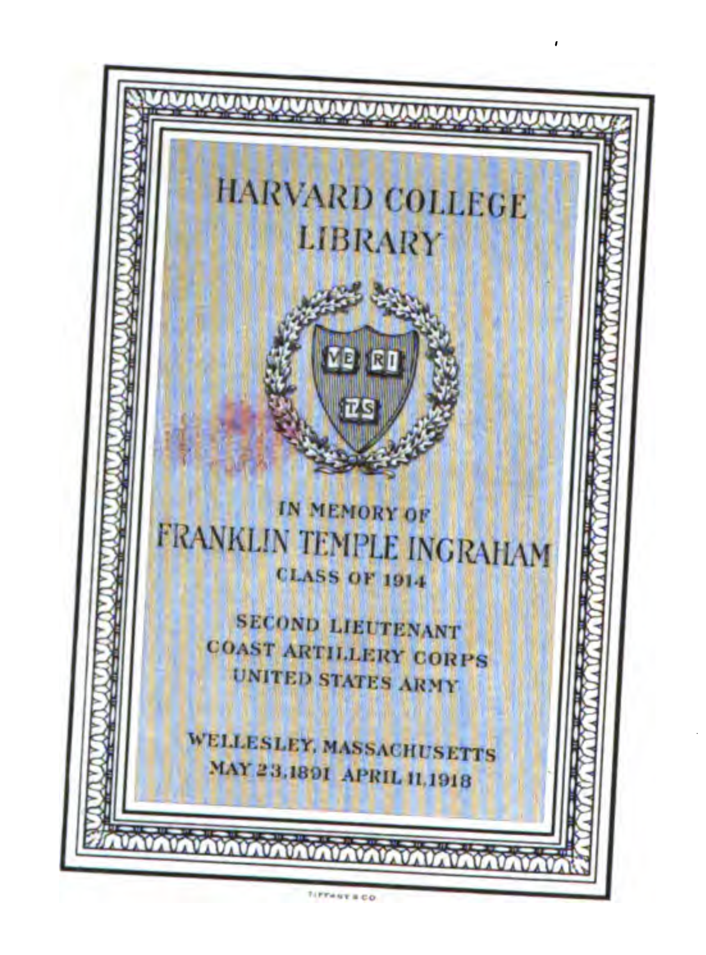



HARVARD COLLEGE
LIBRARY
VE RI TAS
IN MEMORY OF
FRANKLIN TEMPLE INGRAHAM
CLASS OF 1914
SECOND LIEUTENANT
COAST ARTILLERY CORPS
UNITED STATES ARMY
WELLESLEY, MASSACHUSETTS
MAY 23, 1891 APRIL 11, 1918

Zeitschrift

für den

Physikalischen und Chemischen Unterricht.

Unter der besonderen Mitwirkung

von

Dr. E. Mach,
Professor an der Universität zu Wien

und

Dr. B. Schwalbe,
Professor und Direktor des Dorotheenstädtischen Realgymnasiums zu Berlin

herausgegeben

von

Dr. F. Poske.

Achter Jahrgang

1894—1895.

Mit zahlreichen Textfiguren und einer astronomischen Tafel.



Berlin.

Verlag von Julius Springer.

1895.

Heft 1 dieses Jahrganges ist von Herrn H. Hahn-Machenheimer redigiert, bei der Redaktion von Heft 2 bis 7 hat Herr O. Ohmann mitgewirkt.

An den Berichten haben mitgearbeitet die Herren H. Hahn-Machenheimer (Berlin), R. Heyne (Berlin), R. Lüpke (Berlin), O. Ohmann (Berlin), P. Rehländer (Berlin), H. Rönne (Charlottenburg), J. Schiff (Breslau), W. Weiler (Esslingen).

Inhalts-Übersicht.

* bedeutet ‚Kleine Mitteilung'. Die mit kleinerer Schrift und in fortlaufendem Text aufgeführten Titel beziehen sich auf Berichte, die davor gesetzten Ziffern auf die entsprechenden Unterabteilungen der Berichte.

Allgemeines.

Himmelskunde und astronomische Geographie.

Physik.

1. Mechanik der drei Aggregatzustände.

2. Schall.

3. Wärme.

4. Licht.

5. *Elektricität und Magnetismus.*

Chemie.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Programm-Abhandlungen.

Mittheilungen aus Werkstätten.

Versammlungen und Vereine.

Correspondenz.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

VIII. Jahrgang. **Erstes Heft.** Oktober 1894.

Kleine Beiträge zur experimentellen Optik.

Von
Professor **W. Holtz** in Greifswald.

Ich möchte im Folgenden einige Erfahrungen mitteilen, welche ich nach und nach bei der Vorbereitung experimenteller Vorlesungen gesammelt habe, optische Versuche betreffend in zwangloser Auswahl, je nachdem ich hier oder dort etwas anzuführen weiss. Mancher wird wohl in dem Gesagten nicht viel Neues finden, aber es wird Andern doch, hoffe ich, willkommen sein, welche wie ich am liebsten möglichst einfache Hilfsmittel gebrauchen und so ausgeführte Versuche für die instruktivsten halten.

Stative. Die billigsten Stative gewinnt man aus 7—8 cm weiten Medicinflaschen mit weiter Öffnung, wenn man in letztere einen axial durchbohrten Kork und in diesen ein rundes Holzstäbchen steckt, das so passen muss, dass es fest sitzt und dabei doch leicht verschiebbar ist. Man lasse sich vom Tischler nach vorher gebohrtem Loche gleich ein Dutzend solcher möglichst cylindrischer Stäbchen machen, die 12 mm dick und 50 cm lang sind, und die man dann später nach Bedürfnis verkürzen kann. Ein wenig teurer aber eleganter sind Stative folgender Art: In einen grösseren Gasbrennerfuss wird genau senkrecht ein Loch gebohrt und in dieses eine 16 mm weite dünnwandige Messingröhre, wie man sie im Handel erhält, gelötet, in der eine zweite um 1 cm längere steckt, die in ihr leicht verschiebbar ist. Damit sie aber auch festsitze, hat man in die äussere nahe dem Ende zwei 5 cm lange Schlitze in 6 mm Abstand eingefräst und die abgegrenzte Lamelle nach innen getrieben, damit sie hier als Feder wirkt (Fig. 1). Nimmt man Hartgummiröhren von 1—2 mm Wandstärke, deren äussere am besten conisch befestigt wird, oder statt der innern einen Stab, so gewinnt man ein Stativ, das sich gleichzeitig für elektrische Versuche gebrauchen lässt. Messingröhren kann man von der Firma Cochius, Berlin, Ritterstr. 113, Hartgummiröhren von der New-York-Hamburger-Gummiwaaren-Compagnie in Hamburg beziehen. Man gebraucht übrigens mehrere Stative und darunter zwei für gleiche Höhen, die man am besten selber bestimmt. Daneben empfehle ich einige Brennerfüsse für sich mit grösserer Öffnung, in welche man cylindrische Korke presst, die weite und enge Löcher haben, je nachdem man Holzstäbchen, wie die obigen oder dünnere, wie man sie im Handel als hölzerne Stricknadeln trifft, senkrecht stellen will.

Fig. 1.

Unterlegplatten und Stelltische. Nicht bloss für optische Zwecke, sondern auch sonst muss man hölzerne Unterlegplatten von verschiedener Dicke zur Verfügung haben. Sie bestehen am besten aus altem Eichenholz, das nicht poliert, wohl aber mit Öl und etwas Politur abgeschliffen wird, damit sie nicht einschmutzen und sich weniger verziehen. Es ist zweckmässig, dass alle dieselbe Grösse haben, die 10 cm□ betragen mag, und dass die schwächeren immer um

0,5, die stärkeren um 1 cm in ihrer Dicke wachsen, wobei es noch erwünscht ist, dass immer je zwei von gleicher Dicke vorhanden sind. Sehr erwünscht ist auch, zumal für optische Zwecke, dass sie genau, d. h. winkelrecht gearbeitet sind; man kann sie dann aufrecht gestellt auch als Stative gebrauchen, z. B. zur Aufrechtstellung von Spiegeln, die man an ihre Flächen klebt. Zur Ergänzung der Unterlegplatten bedarf es noch kleiner Stelltische, die man aber meist erst justieren muss, wenn man sie fertig kauft, da es sehr unbequem ist, wenn ihre Kopfscheiben nicht horizontal sind und keine ebene Fläche haben. Daneben bedarf es aber noch eines grösseren für den Fussboden, der gewissermassen den Experimentiertisch ergänzt. Am besten ist ein solcher mit schwerer runder Grundplatte, die auf drei kleinen Füsschen steht, und auf der sich eine Säule erhebt, in welcher eine vierkantige 5 cm dicke Stange zu verschieben und mittels Druckschraube mit grossem Kopfe festzustellen ist. Die runde Tischplatte nehme man 3—4 cm dick und lasse sie beiderseits polieren, damit sie sich weniger verzieht; ein Verleimen aus mehreren Dicken würde dies nicht aufhalten, sondern eher begünstigen, wenn man auch häufig das Gegenteil hört. Sehr zweckmässig ist, die Platte durch Verschraubung zu befestigen und mehrere ungleich lange Stangen zur Verfügung zu haben, die man oft auch für sich gebrauchen kann.

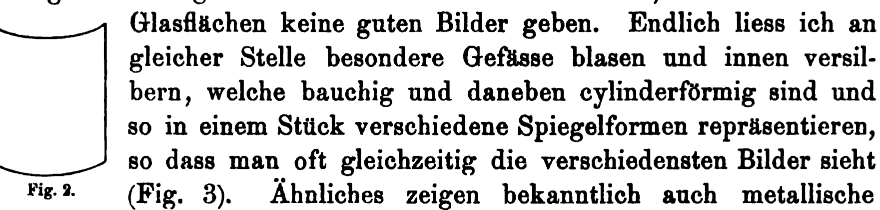
Auffangschirme. Zu Auffangschirmen benutze ich mit Vorliebe Cartonstücke, ihrer gleichmässig weissen Farbe halber, wie sie Leinewand nicht annähernd zeigt; mattes Glas vermeide ich, weil es undeutliche Bilder giebt und ausserdem schwerer zu befestigen ist. Man braucht es auch nicht, wenn man den Schirm immer so stellt, dass die Bildseite, wenn auch nur etwas den Zuschauern zugewendet ist. Will man das Cartonstück überhaupt befestigen, so heftet man es mit Reissbrettzwecken an aufrecht gestellte Unterlegplatten oder schiebt es in eingesägte Klötze, wobei zur eventuellen Erhöhung eine Unterlegplatte oder ein Stelltisch dient. Oder man wählt für höhere Lagen ein Stativ, das aber zuvor noch ein geeignetes Kopfstück erhalten muss, ein Stück Holz oder Kork, das in der unteren Hälfte durchbohrt, in der oberen eingesägt ist. Ausser kleineren Schirmen bedarf es aber noch eines grösseren von 1,5 m□ etwa, zu dem man Leinewand oder Schirting nehmen muss. Der Rahmen soll leicht aber doch zugleich stabil sein, was man erreicht, wenn man dünne Bretter wählt, die gewissermassen einen doppelten Rahmen bilden, einen äusseren von 7—8 cm Tiefe und einen in diesen eingesetzten, welcher dasselbe Mass zur Breite hat. Das Zeug befestigt man mit Reissbrettzwecken, wenigstens an zwei benachbarten Seiten, damit man es nachträglich straffer spannen kann. Man hängt ihn dauernd an die Wand, oder stellt ihn zum Gebrauche auf einen Tisch und beugt dem Umfallen mit Hilfe einer schräg gestellten Drahtstange vor, die man oben in den Rahmen hakt, während sie unten an einem Brettchen sitzt, das man mit einem Gewichte beschwert. Mittelgrosse runde Schirme könnte man sich leicht herstellen, wenn man die in Geschäften vorrätigen hölzernen Spielreifen benutzt.

Schattenbildung. Hat man Ströme von 5—6 A und eine geeignete Milchglaskugel, so gewinnt man die hierher gehörigen Erscheinungen am besten mit elektrischem Licht. Ich empfehle solche Kugeln von 6 cm Durchmesser mit zwei 7,5 mm grossen Öffnungen, welche für die gangbaren quadratischen Kohlenstäbchen passen. Man kann dergleichen Kugeln von vortrefflicher Arbeit aus der Handlung von Warmbrunn, Quilitz & Co., Berlin, Rosenthalerstr. 40 beziehen. Zur Haltung der Kohlenstäbchen können die in d. Zeitschr. (*II 50*) beschriebenen Fussklemmen

dienen, ebenso gut natürlich ein Regulator, wobei man das untere Stäbchen auf 3 cm Länge verkürzt. Ich benutze zunächst das Kohlenlicht für sich, um zu beweisen, dass ein leuchtender Punkt nur einen einzigen Schatten erzeugt, und setze hiernach erst die Milchglaskugel auf, um die doppelte Schattenbildung und ihre Gestaltung zu zeigen. Hat man kein electrisches Licht, so genügt auch eine kleine Petroleumlampe mit Milchglaskugel, wie man sie als Nachtlampe für 50 Pf. käuflich erhält, nur ist noch ein Blechcylinder nötig, der den Glascylinder umfasst, mit 3 mm grosser seitlicher Öffnung, wo die Flamme am hellsten ist. Man beginnt mit diesem das Experiment und setzt dann an Stelle des Blechcylinders die Milchglaskugel auf. Sonst genügt auch ein dünner Magnesiumdraht, dessen angezündetes Ende erst nach oben und später nach unten gerichtet wird, wobei die Flamme anfangs klein und später grösser ist, und im Notfalle eine Kerze, deren Docht man ganz kurz schneidet, damit sie anfangs auch nur punktförmig brennt. Als schattengebende Körper stellt man hölzerne Kugeln, eine mit der Glaskugel gleiche, ferner eine grössere und eine kleinere auf, oder entsprechende Cartonscheiben, die man auf hölzerne Stäbchen steckt, oder in die mit einem Messer eingeschlitzten Enden gedachter Stricknadeln klemmt. Den Schirm stellt man so, dass erst die Querschnitte dann auch die Längsschnitte der Schatten zur Anschauung gelangen.

Reflexion. Wie man sich leicht Winkelspiegel verschafft, habe ich bereits angedeutet; man heftet sie an den äussersten Ecken mit Wachs an zwei Unterlegplatten an, die man dann aufrecht stellt und aneinander rückt, oder eventuell von einander rückt, wenn man Parallelspiegel haben will. Zur Vervollständigung des Kaleidoskops legt man im ersten Falle passend einige Stückchen farbiger Kreide auf die Grundfläche hin, während man zur Erläuterung des Winkelspiegels der Geometer in grössere Entfernung ein Licht stellt, das rechtwinklig im Spiegel erscheinen soll. Die auf Jahrmärkten vertretene „durchsichtige Jungfrau" wird erläutert, wenn man drei Spiegel ringsum die Hälfte eines weiteren Pappcylinders stellt und zwar so, dass ein hinten stehendes Licht durch wiederholte Reflexion in dem vordersten Spiegel erscheint. Die vor längerer Zeit beliebten theatralischen Geistererscheinungen stellt man dar, indem man eine Glasscheibe unter 45° Neigung bringt und davor eine Holzpuppe legt und davor eine Unterlegplatte, so dass man nicht die Puppe sondern nur ihr Spiegelbild sieht, während man hinter der Scheibe auf eine Unterlegplatte eine zweite Puppe stellt, die neben dem Bilde erscheint. Zur Schrägstellung der Scheibe dienen zwei Drahtstifte, welche man in den Tisch schlägt, und ein von der Wand oder einem grössern Stativ kommender vorn etwas winklig gebogener Draht. Die bekannten Versuche mit gekrümmten Spiegeln habe ich noch nach einigen Richtungen zu ergänzen versucht. Ich führe zunächst ein Experiment an, welches das langgezogene Sonnenbild auf welligem Wasser illustriert. Man stellt ein Licht in die Verlängerung eines schmalen Brettchens, auf dem ein Dutzend Reagenzgläser oder mehr neben einander liegen, so dass sie die Breite des Brettchens überragen und mit ihren Öffnungen abwechselnd nach entgegengesetzten Seiten sehen. Die kleinen Cylinderspiegel von Metall, welche man hinter verzerrte Bilder stellt, haben den Übelstand, dass man sie häufiger putzen muss; ich habe sie durch Medicingläser ersetzt oder beiderseits offene Glascylinder, welche innen versilbert sind. Um auch grössere Cylinder- und insonderheit Concavspiegel zu gewinnen, liess ich einen Glascylinder von 24 cm Weite in drei gleiche Stücke zerschneiden, von denen

ich zwei, das eine an der concaven, das andere an der convexen Seite versilbern liess (Fig. 2). Dies geschah durch die bereits genannte Firma Warmbrunn, Quilitz & Co., und solche Spiegel sind ganz empfehlenswert. Weniger gelang der analoge Versuch mit halbierten Trichtern, deren unebenere Glasflächen keine guten Bilder geben. Endlich liess ich an gleicher Stelle besondere Gefässe blasen und innen versilbern, welche bauchig und daneben cylinderförmig sind und so in einem Stück verschiedene Spiegelformen repräsentieren, so dass man oft gleichzeitig die verschiedensten Bilder sieht (Fig. 3). Ähnliches zeigen bekanntlich auch metallische Hausgeräte, so lange sie neu sind, wenn sie geschweifte Formen haben.

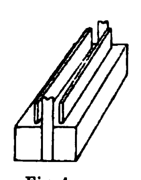

Fig. 2. Fig. 3.

Brechung. Für den Fundamentalversuch benutze ich gern einen Apparat, den ich zuerst bei Herrn Prof. v. Feilitzsch sah, aber sonst nirgends angegeben finde. Eine 23 cm weite und 12 cm hohe Glasschale mit senkrechter Wand ist durch ein mit Glaserkitt eingesetztes Glasstück halbiert, dem an einer Seite noch zwei Blechstücke so anliegen, dass das Licht nur die Mitte durch einen freigelassenen Spalt passieren kann. In die eine Hälfte giesst man Wasser bis zu $^2/_3$ der Höhe und bestreicht die Rundung hier mit Kreidemilch, wenn das Licht zuerst die Luft passieren soll, worauf man den Anstrich mit einem feuchten Tuche abwischt und einen neuen auf die andere Rundung bringt, wenn das Licht zuerst durch Wasser dringen soll. Auf dem Anstrich markiert sich, während man die Schale dreht, beständig unten der gebrochene, oben der ungebrochene Strahl. Ein Wasserprisma stellt man leicht aus vier Glasstücken her, indem man ihrer drei zunächst an den Kanten mit Cartonstreifen überklebt, sie auf das vierte stellt und die Hohlräume der Kanten, die untern aber nur aussen mit Glaserkitt füllt. Man bedient sich hierfür wie auch für andere Kästen mit Vorteil sogenannter Deckgläser, wie sie photographische Handlungen für Glasphotogramme führen. Die Cartonstreifen macht man dadurch gefügiger, dass man sie der Länge nach in der Mitte einschneidet und zu einem Winkel biegt. Für Demonstrationen mit Linsen und sphärischen Spiegeln ist es manchmal erwünscht, wenn sich der Gang der Strahlen möglichst deutlich markiert. Das erreicht man am besten, wenn man mit einem Haarbesen etwas Staub aufwirbelt oder in eisernem Schälchen Tabak erhitzt bis genügend Rauch entwickelt ist. Man hat dann für die Experimente einen viel grösseren Spielraum, als wenn man dergleichen in einem Kasten mit eingesetzter Glaswand arrangiert. Eine optische Bank benutze ich nie für die Darstellung der Bilder, weiss auch nicht, wozu sie hierbei nötig wäre. Etwa der besseren Centrierung halber? Diese ist genau doch nicht vorhanden, zum wenigsten bei den üblichen Holzbänken nicht, weil sie nicht gerade bleiben, wo dann eine Centrierung überhaupt nicht zu erreichen ist, während man sie bei Verschiebung der einzelnen Teile auf der Tischplatte immer erreichen kann. Manchmal ist eine solche aber gar nicht einmal erwünscht, wie z. B. beim Hohlspiegel, wenn das Bild mit dem Körper nicht zusammen fallen soll. Oder der bessern Messung halber? Ich meine, es genügt hier, wenn man die einfache und doppelte Brennweite auf dem Tische mit Kreide markiert und allenfalls einen Maassstab zur Hand hat, wenn zu weiteren Messungen noch Zeit vorhanden ist. Fehlt eine Fusslinse, so setzt man eine sonst passende mit Wachs auf ein eingefeiltes Korkstück und dies auf ein beliebiges Stativ. Einen Hohlspiegel befestigt man sehr einfach zwischen zwei Ringarmen eines Kochstativs, wo man ihm jede gewünschte

Lage geben kann. Als Lichtgeber ist am zweckmässigsten eine Glühlampe, wenn sie an einem längeren Kabel sitzt, so dass man sie hinreichend verschieben kann, weil sie hell leuchtet und man zugleich sehr deutlich die Umkehrung des Bildes erkennt. Sehr schön lassen sich mit solcher auch, beiläufig bemerkt, die sonst lichtschwachen Bilder kleiner Öffnungen zeigen, wo es nicht angeht, sie einfacher der Aussenwelt zu entnehmen von Gegenständen, welche die Sonne bescheint. Die Fernrohre und das Mikroskop stelle ich gleichfalls so dar, dass ich die Linsen nur mit Wachs auf geeignete Stative setze; dies hat den Vorteil, dass der Rand frei ist und dass der Schüler gleich die concaven und convexen unterscheiden kann. Hierbei benutze ich übrigens meist nur Brillengläser, welche viel billiger als andere Linsen sind, und als achromatische Linse stelle ich provisorisch das Objectiv eines beliebigen Fernrohres auf. Beim Skioptikon ist die Petroleumlampe oft unbequem, weil sie mit zunehmender Hitze zu blaken beginnt. Vielleicht weiss noch nicht Jeder, dass sie sich recht gut durch eine grössere Glühlampe ersetzen lässt. Bei Verwendung des Bogenlichts verdecke man den Hohlspiegel, mit dem man sonst leicht doppelte Bilder erhält, da der Lichtpunkt schwankt und die Einstellung, wäre sie auch momentan genau, doch nicht erhalten bleibt. Zur Selbstanfertigung einfacher Projektionsbilder hat Antolik in d. Zeitschr. (*IV 274*) eine neue hübsche Anleitung gegeben, der ich noch hinzufüge, dass man solche Bilder auch färben kann mit durchsichtiger flüssiger Tusche, wie man sie käuflich erhält. Man kann mit solcher auch Glasphotogramme bemalen und feinere Striche statt des Pinsels mit der Feder ziehen. Statt der Gelatinelösung wendet man übrigens eine Lösung von Collodium in Amylacetat mit gleichem Erfolge an, mit der man beiläufig bemerkt, auch Zink und Eisen überzieht, wenn sie blank geputzt ihren Glanz bewahren sollen. Zur Erläuterung des Flimmerns der Sterne mag noch folgender kleine Versuch seine Erwähnung finden. Man schickt einen Sonnenstrahl über die Flamme eines Rundbrenners hinweg auf einen Spiegel und von diesem auf einen fern stehenden Schirm, oder man verfährt ebenso bei Anwendung eines Projektionsapparates, indem man ein fein durchlochtes Blechstück zwischen die Linsensysteme bringt. Für die objektive Darstellung ist der Spiegel nicht überflüssig, während man subjektiv die fragliche Erscheinung ohne weiteres gewinnt, wie wohl bekannt ist, wenn man über eine Flamme hinweg nach leuchtenden Punkten sieht.

Dispersion. Bei der Spektralanalyse bedient man sich neuerdings dicker Platindrahtwülste statt der früher gebräuchlichen Ösendrähte, weil sie mehr Flüssigkeit fassen; aber sie sind teuer, während es doch andrerseits erwünscht ist, davon mehrere gleichzeitig zur Verfügung zu haben. Einen billigen Ersatz dafür verschafft man sich auf folgende Weise: Es giebt dünne Asbestplatten, welche in der Technik verschiedentlich gebraucht werden; von solcher schneide man einen schmalen 3 cm langen Streifen ab und biege ihn um ein rundes Kohlenstäbchen, das 3 mm dick und 3 cm länger ist, oder besser zunächst um einen gleichdicken Stahldraht und binde die Röhre an das Stäbchen mit feinem Platindraht fest. Die Asbesthülle saugt viel Flüssigkeit auf und dient zugleich als Schutz, dass die Kohle nicht verbrennt, und diese leitet die Wärme so schlecht, dass man ihre freien Enden beliebig mit den Fingern berühren kann. So feine Kohlenstäbe giebt es übrigens im Handel und können unter Andern von Keiser & Schmidt, Berlin, Johannisstr. 20 bezogen werden. Die Asbesthüllen halten lange vor, wenn man sie nicht mit der Salzlösung an feste Körper antrocknen lässt

und später bei der Abnahme lädiert. Die Umkehrung der Natriumlinie, vom Weinholdschen Versuche abgesehen, lässt sich bekanntlich nur mit sehr hellen Lichtquellen gewinnen, wie mit Kalk- oder elektrischem Bogenlicht. Aber sie gelingt auch, wenigstens subjektiv, mit einer Glühlampe, wenn man zwischen diese und den Spektralapparat eine grosse Natriumflamme, am besten eine Spiritusflamme bringt. Ich liess mir hierfür vom Klempner eine besondere Lampe machen, welche 5 cm breit und 10 cm lang ist und zwei parallele fast ebenso lange Dochte hat, die sehr dick sind und deren entsprechend geformte Blechhüllen 2 cm hervorragen und 1,5 cm von einander stehen (Fig. 4). Man mischt dem Alkohol in bekannter Weise Wasser und Salz bei und stellt die Lampe so, dass das Glühlicht die ganze Länge der Flamme durchlaufen muss, oder man legt zur Vermeidung der Beimischung ein längeres Asbeststäbchen auf zwei die Dochte überragende Endbleche, die in der Mitte eine Kerbe haben. Man sieht die Linie constant und vollkommen dunkel, wenn die Glühlampe nur recht hell leuchtet und der Spalt die nötige Enge hat. Für die objektive Darstellung der hellen Linien scheint es mir am richtigsten, wenn man möglichst wenig Utensilien verwendet, welche während des Versuchs der Regulierung bedürfen, weil der Lichtpunkt schwankt und zur Regulierung, da die Metalle schnell verbrennen, nicht viel Zeit vorhanden ist. Es scheint mir auch wichtiger, dass die Versuche überhaupt gelingen, als dass die Erscheinungen allemal so schön ausfallen, als man sie günstigsten Falls gewinnen kann. Ich lasse daher das parallele Licht der Lampe einfach in einen Spektralapparat fallen, dessen Fernrohr zur Seite geschoben ist und bediene mich zur Lichterzeugung nebenbei eines Handregulators, weil sich bei solchen der Lichtpunkt noch am besten fixieren lässt. Ich stelle mit gewöhnlichen Kohlen ein, senke dann die untere, die positive, und vertausche sie mit einem dickeren runden Kohlenstab, der unten ein metallisches Einsatzstück und oben zur Aufnahme des Metallstücks eine kleine Vertiefung hat. Letztere ist vorher rein geschabt; auch das Metallstück ist geputzt. Zum Schluss wird die obere Kohle noch sanft mit einer Feile bestrichen. Ein constantes Bild ist überhaupt nicht erreichbar; die Linien erscheinen intermittierend mit dem Spektrum des Kohlenlichts; auch erscheinen wohl andere Linien mit, die man gar nicht erwartet, was aber bei der Unreinheit der Kohle und der Metalle nicht zu verwundern ist. Zur Erläuterung des Regenbogens bedient man sich bekanntlich mit Wasser gefüllter Glaskugeln und hierbei nach Fricks *physikalischer Technik* eines Schirms mit runder Öffnung, durch welche man die Strahlen schickt. Aber es genügen auch zwei aufgestellte weisse Holzpapptafeln etwas getrennt, weil die obersten und untersten Strahlen aus verschiedenen Gründen doch verloren gehen. Aus gleichen Gründen genügt auch ein Glaskolben, den man auf ein Wasserglas, oder eine Kochflasche, die man auf ein Stelltischchen setzt. Bei dünnem Strahlenbündel erscheint nur ein beschränktes Bogenstück, bei dickerem und nicht centralem Einfall eventuell auch ein ringförmiges Bild, in dem aber, wie die Farbe zeigt, die linke Hälfte dem ersten, die rechte dem zweiten Bogen angehört. Ist das Bündel fast so dick als die Kugel, so erhält man bei centralem Einfall gleichfalls ein ringförmiges Bild, wo aber diesmal beide Hälften ausschliesslich dem ersten Bogen angehören. Ist das Bündel noch dicker, so tritt neben dem ersten auch der zweite, aber dieser immer nur an einzelnen Stellen hervor, und dies, weil das Glas unrund und ungleich dick ist, weshalb die Erscheinung,


Fig. 4.

wenn man dreht, auch verschwindet oder nach anderen Stellen rückt. Wie man auf einfachste Art einen wirklichen Regenbogen darstellt, hat Antolik in der bereits einmal citierten Arbeit gezeigt, auch einen Apparat beschrieben, mit dem dies in noch vollkommnerer Weise gelingen soll. Ich finde jedoch, dass der letztere doch nicht so leicht nachzumachen ist, dass er ohne weiteres gelingt, wahrscheinlich weil neben der Höhe der Stellröhre noch die Grösse der obersten Öffnung wesentlich die Wirkung bedingt.

Interferenz. Die Farben dünner Luftlamellen gewinnt man am einfachsten, wenn man sich 2 mm dicke Spiegelglasstücke aus zerbrochenen Spiegeln schneiden lässt, womöglich in grösserer Zahl und aus verschiedenen Spiegeln, da alle Spiegel nicht gleich eben sind, und die Stücke sich nach dem Schnitt auch etwas zu werfen pflegen. Mit 4 cm grossen quadratischen auf eine ebene Fläche gelegten Stücken erhält man oft ganz schöne Ringe, wenn man auf das obere mit einem zugespitzten Stäbchen drückt, Parallelstreifen aber besser mit etwas schmäleren Stücken, wenn man sie an einem Ende zusammenpresst. Welche Stücke und welche Seiten man am besten zusammenlegt und wo man am besten drückt, findet man bald durch den Versuch heraus. Ganz notwendig aber ist es, dass das Glas kurz vorher nicht etwa mit einem trockenen, sondern mit einem feuchten Tuche abgerieben wird. Die Farben dünner Flüssigkeitslamellen zeigen sich am schönsten, wenn man etwas Holzteer auf die Oberfläche von Wasser bringt. Sollen es Ringe werden, so taucht man die Spitze einer Stopfnadel in den Teer, dann senkrecht in die Mitte des Wassers und hebt sie schnell wieder heraus. Gelänge der Versuch einmal nicht, so müsste man die Schale zuvor sauber vom Teer reinigen, bevor man sie von Neuem füllt. Die so erzeugten Ringe sind sehr regelmässig, halten sich tagelang und treten bei jeder Beleuchtung hervor, wenn man das Wasser mit Tinte vermischt oder sonst für eine dunkle Grundfläche sorgt. Zur Gewinnung vortrefflicher Spalte für Beugungserscheinungen kann ich folgende wohlerprobte Vorschrift geben. Man lasse sich vom Buchbinder aus 0,15 mm dickem Kupferblech mit der Pappschneidemaschine 5 cm lange und 3 cm breite Streifen schneiden. Dann glätte man ihre Längskanten sorgfältig mit feinem Schmirgelpapier und glühe sie behutsam in einer Bunsenschen Flamme aus. Hierauf lege man ihrer zwei auf ein Stück Spiegelglas, den einen mit zwei Wachsperlen und drücke ein zweites Glasstück darauf, welches soviel schmäler ist, dass der lose, wenn er anliegt, noch genügend vorsteht, um sich verschieben zu lassen. Man erhält damit schon beim Anblick einer Kerze vorzügliche Bilder, die man während des Sehens beliebig variieren kann. Die Ringerscheinung kleiner Öffnungen tritt bekanntlich erst hervor, wenn diese sehr fein, ganz rund und geglättet sind, also nicht bei Nadelstichlöchern in Stanniol oder Carton, welche zerreissen und die Beugungserscheinungen der Spalte zeigen. Man gewinnt aber vortreffliche Löcher in 2 mm dickem Walzblei oder dünnem ausgeglühten Kupferblech, wenn man sie auf eine Holzfläche legt und mit einer in einen Stielfeilkloben centrisch eingespannten Nadel vorsichtig so lange bohrt bis sich eben die Spitze zeigt. Den Lichtpunkt giebt ein mit Asphaltlack innen geschwärztes Hohlglas, oder im Dunkeln eine kurz brennende Kerze oder besser elektrisches Kohlenlicht. Das Spaltbild zeigt sich objektiv am schönsten, wie man weiss, wenn man zwei Spalte gebraucht und in grösseren Abstand von einander bringt, aber man kann auch, was wohl weniger bekannt ist, den zweiten mit annähernd gleichem Erfolge durch einen Spiegel vertreten lassen. Man hefte ein einseitig geschwärztes

quadratisches 3 cm grosses Spiegelglasstück mit Wachs an eine Unterlegplatte an, stelle sie aufrecht in die Strahlen des ersten Spaltes und drehe sie mehr und mehr deren Richtung parallel. So wird das vom Spiegel reflektierte Bündel immer schmäler und es stellt sich nach und nach auf dem Schirme die sonstige Erscheinung ein, wobei man dann durch weiteres Hin- und Herdrehen die Streifen leicht schmäler und breiter machen kann. Sind die Verticalkanten schlecht, so klebt man schwarze Papierstreifen auf, so dass die spiegelnde Fläche kleiner wird, was noch zur Folge hat, dass das Schirmbild nun schon bei weniger schrägem Strahlenfalle deutlich erscheint. Übrigens sieht man noch sowohl oberhalb als unterhalb des Bildes ein Gewirre bunter Fäden, das der unvollkommenen Spiegelung des Holzes zu verdanken ist. Stellt man zwei derartige Vorrichtungen neben einander, so kann man leicht zwei identische Bilder auf dem Schirme erzeugen, die man durch Drehung einander nähern und mehr oder weniger zur Deckung bringen kann. Man gewinnt so im Allgemeinen eine Erscheinung, die zwar auch in der Mitte einen breiten weissen Streifen zeigen kann, deren farbige Streifen aber unrein und unsymmetrisch zur Mitte gelagert sind. Wer sich fast kostenlos einen Fresnellschen Spiegel machen will, den verweise ich auf die Vorschrift, welche Quincke in *Pogg. Ann. Bd. 132 S. 41* gegeben hat; sie ist in Fricks *physikalischer Technik* nur stückweise angeführt. Man gewinnt danach leicht einen Spiegel, der dasselbe oder besseres leistet, als manche, die man käuflich erwirbt, aber meist wird er doch nur Erscheinungen zeigen, welche denen gleichen, die ich eben geschildert habe. Für die Beugungserscheinungen an kleinen runden Körpern möchte ich mitteilen, wie eine gleichmässige Bestäubung einer Platte noch am ehesten zu erreichen ist. Man halte das Glas mit seiner mit Gaze verbundenen Öffnung zunächst senkrecht, letztere nach unten, in 40 cm Abstand über den Tisch, lege dann erst auf die gereinigte Fläche die Platte und bewege das Glas beim Schütteln immer nur senkrecht auf und ab. Ich finde übrigens, dass man ebenso schöne Ringe wie mit Lycopodium durch einfache Behauchung einer Glasplatte erhält, sowohl subjektiv, wenn man nach hell leuchtenden Punkten sieht, als objektiv, wenn man im Heliostaten 1—2 cm grosse Öffnungen benutzt. Man hat hier noch den Reiz, dass die Farben wechseln, während der Hauch verschwindet, und dass man auch sonst nicht immer dieselbe Erscheinung erhält.

Absorption. Um die unterschiedliche Absorption des Lichts in metallbelegten Glasspiegeln zu zeigen, stelle man zwei aus verschiedenem Glase neben einander und lege davor ein Stück Carton. Um ihre Zunahme mit der Dicke zu zeigen, stelle man zwei gleiche möglichst farblose ein wenig schräge, und vor den einen nach und nach mehr Glasstücke derselben Art. Der analoge Versuch mit Wasser ist etwas umständlicher, aber ganz vorwurfsfrei und zeigt, was er zeigen soll, sehr eklatant. Zwei Standgläser, 47 cm hoch und 8 cm weit, stehen dicht neben einander und sind, das eine ganz, das andere nur 2 cm hoch, mit Wasser gefüllt (Fig. 5). Auf dem Grunde liegen soviel farblose Glasperlen, die man übrigens vorher auswaschen muss, dass er sich völlig damit ebnen lässt. Mit Hilfe zweier schmaler federnder Brettchen, die man oben zusammenfasst, sind zwei gleiche und möglichst farblose Spiegel auf die Perlen gelegt und so gedrückt, dass sie möglichst horizontal liegen, was wegen der Gefügigkeit der Perlen leicht zu bewerkstelligen ist. Über den Gläsern sitzt geneigt, einfach mit

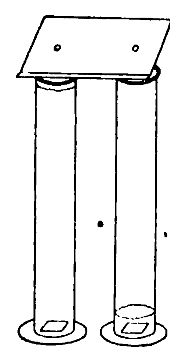
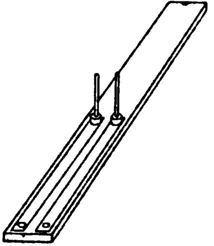


Fig. 5.

Wachs befestigt und dem Fenster zugewandt ein Stück Carton, welches zwei Löcher hat, je eins in der Axe der Gläser, durch welche man hindurchsieht und die gespiegelte Fläche erblickt. Ist es Brunnenwasser, so erscheint die eine Hälfte gelblich, ist es destilliertes Wasser, bläulich, während die andere kaum anders als weiss erscheint. Füllt man die beiden Gläser ganz mit je einem der Gewässer, so tritt die unterschiedliche Färbung noch viel deutlicher hervor. Eine eigenartige Absorption fand ich zufällig, als ich ein Glasstück mit der käuflichen Collodiumflüssigkeit begoss, der etwa die dreifache Menge Essigäther beigemischt war. Der trockene Überzug erscheint im durchgehenden Lichte rötlich, während er im reflektierten eine völlig weisse Farbe zeigt. Dies erinnert an die rötliche Färbung des Wassers im durchgehenden Lichte, wenn ihm Myrrhentinktur in geringer Menge zugesetzt ist.

Physiologische Optik. Zur Erläuterung des Scheiner-Stampferschen Optometers genügt ein doppelt durchlochtes Cartonstück, das man ans Auge hält und eine Stecknadel, die man mit der andern Hand in kleinere und grössere Entfernung bringt. Zur Gewinnung des Youngschen wird ein weisser Zwirnfaden in zwei Nadeln gefädelt, mit Endknoten versehen und über ein Brettchen gespannt, das geschwärzt ist, indem man jene in das Holz oder in aufgeleimte Korkscheibchen steckt. Übrigens genügt hierfür auch schon ein schwarzer Bleifederstrich in der Mittellinie einer Leiste oder eines Streifens Carton. Der Wechsel in der Richtung der Augaxen beim Fixieren naher und ferner Gegenstände lässt sich sehr hübsch mit folgender Vorrichtung zeigen (Fig. 6). An ein schmales 33 cm langes Brettchen sind am vorderen Ende zwei halb so lange Cartonstreifen mit je einer Reissbrettzwecke angeheftet und auf das freie Ende der letzteren ist je ein Kork geleimt, in den man zwei ungleichfarbige Nadeln oder Streichhölzchen steckt. Für den Versuch setzt man das vordere Ende des Brettchens ans Kinn und fixiert die Mitte der hinteren Kante, wo eine Marke angebracht ist. Man sieht dann indirekt beide Nadeln noch einmal, kann aber durch Verschiebung der Korke die Mittelbilder auf einander fallen lassen, was dann der Fall ist, wenn die Axen beim Fixieren der Marke gerade durch die Nadeln gehen. Fixiert man dann einen ferneren Gegenstand, so rücken jene wieder auseinander und zwar so, dass das Doppelbild der rechten zur Linken rückt, während sie sich entgegengesetzt bewegen, wenn man zuerst auf einen ferneren Punkt einstellt und hiernach die Marke fixiert. Zur Erzeugung der subjektiven Farben habe ich den von Frick angeführten Nörrembergschen Apparat folgendermassen zu vereinfachen gesucht. Ein quadratisches 45 cm grosses Pappstück mit einem 12 cm grossen Loch in der Mitte ist mit mattschwarzem Papier beklebt und zwar beiderseits, wenn auch eine Seite sonst genügte, weil sich Pappe und Carton stets werfen, wenn man sie nur einseitig beklebt. Daneben ist ein quadratisches 30 cm grosses Cartonstück in seiner unteren Hälfte vorn hellblau und hinten hellrot beklebt. Ich bemerke, dass man solche Arbeit am besten dem Buchbinder überlässt, der sie sauber und verhältnissmässig billig macht, dass man sonst aber geeignete Papiere, insonderheit matte, von der Handlung Flesche & Sabin, Berlin, Poststr. 13, erhält. Für den Versuch stellt man das Pappstück auf den Tisch, es oben mit der Hand haltend und so, dass es oben mehr den Zuschauern zugeneigt ist, dahinter zugleich das Cartonstück so, dass seine farbige Hälfte die Öffnung


Fig. 6.

bedeckt. Später lässt man es unbemerkt los, worauf es herabgleitet und nun mit seiner weissen Hälfte die Öffnung bedeckt. Beim Projektionsapparat erzeugt man die subjektiven Farben am besten, wenn man nur eine kleinere Fläche des Schirms beleuchten lässt durch ein farbiges Glas, das man in der Hand hält und seiner Zeit möglichst schnell zur Seite schiebt. Aber hier und selbst bei dem analogen Versuche mit Sonnenlicht tritt die Wirkung nicht so deutlich hervor, weil die beleuchtete Fläche nicht so weiss ist, als Carton in gewöhnlichem Tageslicht. In beiden Fällen ist der Effekt eklatanter, wenn man die Farbe überhaupt nur auf ein Auge wirken lässt, was noch den Reiz hat, dass, wenn man nachträglich mit dem einen und anderen sieht, man erst recht merkt, wie das eine verändert ist. Über Grössentäuschungen habe ich in den *Göttinger Akademieberichten 1893 S. 159 u. 496* eine grössere Zahl sehr einfacher Experimente beschrieben, von denen ich einige der einfachsten hier noch kurz erwähnen will. Halbiert man eine Holzkugel durch einen Schnitt und stellt die eine Hälfte an ein Stäbchen, die andere an ein Pappstück geheftet senkrecht auf, so scheint letztere grösser zu sein. Legt man zwei gleiche Scheibchen, das eine auf den Tisch, das andere auf ein Pappstück, so scheint gleichfalls des kleineren Hintergrundes halber das letztere grösser zu sein. Heftet man ein Cartonscheibchen an die Mitte einer aufrecht gestellten Unterlagplatte und eine gleichgrosse an das Öhr einer längeren Nadel, die man links oben in die Unterlagplatte steckt, und stellt eine zweite links von dieser in grösserer Entfernung auf und sieht monocular so, dass man das zweite Scheibchen in der Mitte der letzteren sieht, so erscheint es grösser, wenn auch mit dem ersten in gleicher Ebene liegend, weil es an der hinteren Platte zu haften scheint. Steckt man ein Scheibchen an ein dünnes Stäbchen und hält es mit der linken Hand immer in gleichem Abstand vor ein Auge, während man das andere schliesst, und bewegt hinter dem Scheibchen mit der rechten ein Buch hin und her, so sieht man während der Entfernung das Scheibchen allemal grösser werden. Am deutlichsten ist dies, wenn man es immer in der Mitte des Buches sieht, weil es so am ehesten an demselben zu haften scheint.

Versuche zur Veranschaulichung der neueren Theorie der Elektrolyse.

Von

Dr. **Robert Lüpke** in Berlin.

Es sind bereits hundert Jahre verflossen, seit Volta die allbekannte Kette construierte, jenen bedeutungsvollen Apparat, welcher der Ausgangspunkt für alle diejenigen Vorkehrungen geworden ist, in denen man durch Combination von Leitern erster und zweiter Ordnung den galvanischen Strom erzeugt. Aber die bisherigen Theorien, sowohl die Contakttheorie wie die chemische Theorie, sind nicht geeignet gewesen, die Entstehung desselben befriedigend zu erklären. Erst im Jahre 1889 ist es Nernst gelungen, durch seine osmotische Theorie den Mechanismus der Strombildung anschaulich darzustellen. Diese Theorie beruht auf einer Reihe anderer der Neuzeit angehörigen Theorien, insbesondere der Helmholtzschen Theorie der Stromleitung, der Arrheniusschen Theorie der elektrolytischen Dissociation und der van 't Hoffschen Theorie der Lösungen. Alle diese Theorien haben jetzt allgemein die ihnen gebührende Anerkennung gefunden, nicht allein, weil sie durch die Empirie genügend gestützt werden, sondern auch, weil sie eine grosse Anzahl bisher rätselhafter Erscheinungen der Physik und Chemie

dem Verständnis näher gebracht haben. Da diese neuesten Fortschritte der Naturwissenschaften in den Lehrbüchern noch nicht berücksichtigt worden sind, so dürfte eine Zusammenstellung derselben zeitgemäss sein. Sie sollen in drei Aufsätzen in möglichst knapper Form gekennzeichnet werden, und zwar handelt der vorliegende erste[1]) von der neueren Theorie der Elektrolyse und die beiden anderen in den folgenden Heften dieser Zeitschrift erscheinenden von der Theorie der Lösungen und der Entstehung des galvanischen Stromes.

Besonderes Gewicht aber soll auf solche Versuche gelegt werden, welche mir geeignet zu sein scheinen, die an sich schwierigen Capitel zu demonstrieren, und diese Aufgabe dürfte deshalb nicht ganz unberechtigt sein, weil in den Werken, welche als Anleitung zum Experimentieren dienen, das Gebiet der physikalischen Chemie nicht ausreichend behandelt ist. Freilich darf man an diejenigen Versuche, bei denen es auf Messungen ankommt, und aus denen Gesetze abgeleitet werden sollen, nicht allzu hohe Anforderungen stellen. Denn die im Unterricht auszuführenden Versuche dürfen, falls ihnen eine sorgfältige Vorbereitung vorangeht, nur möglichst wenig Zeit in Anspruch nehmen, keine kostspieligen Mittel voraussetzen und müssen deutliche Resultate zeigen. Von einem grösseren Grad der Genauigkeit der Messungen ist daher abzusehen. Wohl aber könnten derartige Versuche während der Übungsstunden im Laboratorium mit mehr Musse fortgesetzt werden.

I. Einige elektrolytische Versuche.

Es möge zunächst eine Anzahl elektrolytischer Versuche beschrieben werden, die teils von theoretischem, teils von praktischem Interesse sind, und zu deren Gelingen man gewisse, nicht allgemein bekannte Bedingungen zu beachten hat.

Am einfachsten gestaltet sich das Resultat der Elektrolyse geschmolzener Elektrolyte, weil hier die beiden Ionen an den Elektroden meist als solche abgeschieden werden. Die von Bunsen zuerst ausgeführte Elektrolyse des Magnesiumchlorids hat v. Gorup-Besanez (*Anorganische Chemie 1871, S. 517*) durch den bekannten Vorlesungsversuch mittels der Thonpfeife demonstriert. Als Elektrolyt ist das in Platingefässen leicht schmelzbare Kalium-Magnesiumchlorid zu verwenden. Man erhält es im geschmolzenen Zustand, wenn man eine concentrierte Lösung von 20 g krystallisierten Magnesiumchlorids und 7,5 g Kaliumchlorid unter Zusatz von 3 g Ammoniumchlorid in einer Platinschale auf dem Wasserbade zur Trockne verdampft und die Salzmasse sodann über der Gebläseflamme schnell erhitzt. Die erhaltene Schmelze giesse man in den Kopf einer in einem Stativ befestigten, vorher stark angewärmten Pfeife aus rotem Thon und schliesse den Strom von fünf hintereinander geschalteten Accumulatoren mittels einer als Kathode dienenden, durch den geraden Stiel der Pfeife gesteckten Stricknadel und eines in den Kopf eingesenkten Kohlestabes als Anode. Die Masse wird fast ganz durch die Stromwärme in Fluss erhalten, doch ist es besser, dem Pfeifenkopf noch eine kleinere Flamme unterzuschieben. Das Chlor ist in der Nähe der Anode durch einen Streifen angefeuchteten Lackmuspapiers leicht nachweisbar. Aber das Magnesium verbrennt grösstenteils an der Oberfläche der Schmelze, die allmählich ins Schäumen kommt, und nach dem Erkalten zeigt sich das Metall in der Masse meistens so fein verteilt, dass der Silberglanz nicht zu beobachten ist. Beiden Übelständen

[1]) In diesem Heft erscheint zunächst der erste Teil des ersten Aufsatzes.

hilft man nun leicht dadurch ab, dass man sogleich nach dem Stromschluss den geschmolzenen Elektrolyten mit einer dicken Schicht feinen Holzkohlenpulvers bedeckt. Hierdurch wird das Schäumen verhindert, und nach kaum 20 Minuten des Stromdurchgangs sieht man beim Zerschlagen der erkalteten Masse eine grössere Zahl glänzender Magnesiumkügelchen, die 1 bis 2, zuweilen sogar 5 mm dick sind. Dieselben lassen sich in einer Reibschale durch Abschlämmen mit Alkohol leicht isolieren und brennen, wenn sie einzeln in einer Kupferdrahtschlinge mittels einer Flamme entzündet werden, mit blendendem Licht 15 bis 30 Secunden lang. Bei Benutzung des Holzkohlepulvers ist mir der Versuch nie mislungen.

Auch das Aluminium ist nach derselben Versuchsanordnung in Form glänzender Kügelchen darstellbar, die durch Eintragen in geschmolzenes Kochsalz zu einem Ganzen vereinigt werden können. Sie zeigen die Reaktion auf Aluminium, wenn man sie in Salzsäure löst, Kaliumhydroxyd im Überschuss zusetzt und das Aluminiumhydroxyd mit Salmiaklösung fällt. Nur macht es einige Mühe, den schon 1854 von Bunsen benutzten Elektrolyten, nämlich wasserfreies Kalium-Aluminiumchlorid, zu erhalten. Man bereite zunächst nach Victor Meyers Methode wasserfreies Aluminiumchlorid, indem man getrocknetes Chlorwasserstoffgas über stark erhitztes Aluminium leitet. Einen 4 bis 6 Stunden anhaltenden, regulierbaren Strom von Chlorwasserstoffgas erzeugt man am einfachsten, wenn man in rohe Salzsäure mittels eines Hahntrichters concentrierte Schwefelsäure eintröpfeln lässt. Das in zwei Waschflaschen mit Schwefelsäure gut getrocknete Gas wird auf den Boden einer tubulierten, $^1/_2$ Liter fassenden Vorlage geleitet, die mit 5 bis 10 g zerschnittenen Aluminiumblechs beschickt ist und mit einem grossen Brenner erhitzt wird. Nach einiger Zeit setzt sich in dem weiten Halse der Vorlage das Aluminiumchlorid als weisses Sublimat ab, und nach 2 bis 3 Stunden hat sich eine dicke Kruste des Salzes gebildet, die mit einem Messer loszubrechen ist. Dieses Aluminiumchlorid ist stark hygroskopisch. Es muss daher sogleich in das Doppelsalz übergeführt werden. Hierzu ist nur erforderlich, in einem Platintiegel 2 Teile Kaliumchlorid zu schmelzen, 1 Teil Aluminiumchlorid portionsweise unter Umrühren in die Schmelze einzutragen und sodann letztere auf einen trockenen Porzellanscherben auszugiessen. Das Doppelsalz lässt sich in gut verschlossener Büchse monatelang aufbewahren. — Da dieser Versuch der Elektrolyse des Kalium-Aluminiumchlorids im Princip dem technischen Verfahren der Aluminiumgewinnung auf elektrolytischem Wege entspricht, wesentlich nur mit dem Unterschied, dass in der Fabrik ein Kryolithbad, welches von Zeit zu Zeit durch Hinzufügen von Aluminiumoxyd zu ergänzen ist, der Wirkung des Stromes ausgesetzt wird, so dürfte es wohl der Mühe wert sein, den Elektrolyten nach obigem Verfahren darzustellen.

Will man jedoch hiervon absehen, so ist zur Demonstration der Elektrolyse eines geschmolzenen Chlorids am besten das Bleichlorid zu empfehlen. Dasselbe muss, da es in der Hitze etwas flüchtig ist, unter einem Abzug in einem Porzellantiegel geschmolzen werden, ehe es in den Pfeifenkopf gebracht wird. Schon 10 Minuten nach dem Stromschluss hat sich ein genügend grosser Bleiregulus gebildet. Man giesst ihn in eine Thonschale aus und legt die metallische Fläche mittels einer Feile bloss.

Von den Basen im geschmolzenen Zustand lässt sich am besten das Kaliumhydroxyd durch den Strom zerlegen. In eine Platinschale giesst man soviel Queck-

silber, bis der Boden derselben bedeckt ist, legt einige Stangen Kaliumhydroxyd darauf, bringt dieses durch Erhitzen der Schale mittels einer kleinen Flamme zum Schmelzen und schliesst den Strom von fünf Accumulatoren an, indem man die Schale zur Kathode und ein in den Elektrolyten eingesenktes Platinblech zur Anode macht. $2\,KOH$ ergeben $K_2 + H_2O + O$. Nach etwa $^1/_2$ Stunde ist ein krystallinisches Amalgam entstanden. Wird dieses in einer kleinen Gasentbindungsflasche mit Wasser übergossen, so lassen sich in kurzer Zeit 100 cm³ Wasserstoff auffangen.

Wie aus dem geschmolzenen Bleichlorid werden auch aus einer concentrierten wässrigen Lösung von Zinkchlorid die beiden Bestandteile durch den Strom direkt abgeschieden. Der Versuch lässt sich in einem mit einer Kugel und zwei Platinelektroden versehenen U-Rohr (*Fig. 1*) ausführen, dessen Schenkel die Grösse gewöhnlichr Reagenzgläser haben. Wendet man 10 Accumulatoren an, so ist nach 20 Minuten die Kugel mit zierlichen dendritischen Zinkkrystallen erfüllt, während ein in den Anodenschenkel geschobenes Lackmuspapier *l* sehr bald durch das Chlor gebleicht wird.

Fig. 1.

Ist dagegen die Metallchloridlösung verdünnt, und besteht die Anode aus dem im Salz enthaltenen Metall selbst, so wird letzteres von dem Chlor allmählich gelöst, und die Metallionen werden an der Kathode frei. Diese Metallausscheidung gewährt einen prächtigen Anblick, wenn man eine Lösung von Zinnchlorür unter folgenden Bedingungen elektrolysiert. Als Zersetzungsgefäss dient der 1,5 bis 2 Liter fassende, auf einen Dreifuss gestellte Cylinder *C* (*Fig. 2*), der sonst als Kühlgefäss bei der Mitscherlichschen Phosphorprobe verwendet wird. Im Bodenloch desselben befindet sich ein Kork, durch welchen der kupferne Zuleitungsdraht der gegossenen, 7 cm breiten Zinnanode *a* befestigt ist. Mittels eines die obere Öffnung des Cylinders schliessenden Deckels ist etwa 20 cm von der Anode entfernt die Kathode *k* angebracht, nämlich eine Kupferschale mit flachem Boden und angelötetem Zuleitungsdraht. Zur Herstellung des Elektrolyten werden 65 g Stanniol unter Erwärmen in Salzsäure gelöst. Nachdem der Säureüberschuss möglichst vollständig abgedampft ist, wird die Lösung auf 1,5 Liter mit Wasser verdünnt. Die Stärke des zuzuführenden Stromes ist so zu regulieren, dass bei *k* kein Wasserstoff auftritt. Sogleich nachdem der Strom geschlossen ist, scheidet sich das Zinn in Form metallisch glänzender Streifen aus, welche vom Boden der Schale *k* zusehends in die Flüssigkeit hinabwachsen. Die Figur 2 zeigt, wie sich nach etwa 20 Minuten ein solcher Streifen gestaltet. Rechtwinklig zweigen sich nämlich von dem primären Streifen Äste ab. Sie sind anfangs beiderseits gleich gross. Bald aber herrscht die Zweigbildung auf der einen Seite vor, und während sowohl der Stammstreifen als seine Zweige an Länge zunehmen, treten regelmässig neue Zweige zwischen den schon vorhandenen hervor. Unterdessen wiederholt sich die Verzweigung an den Zweigen erster Ordnung. Einer derselben aber übertrifft an Grösse bedeutend die andern und tritt schliesslich, während sich das Wachstum der sich convex nach unten krümmenden Stammspitze nach und nach verringert, in die Richtung des Stammes,



Fig. 2.

um das Spiel von neuem zu beginnen. So wächst das Gebilde einer bestimmten Ordnung gemäss weiter abwärts, bis kurz vor der Anode infolge der Schwere seiner Äste der primäre Stamm an der Wurzel zerreisst, und das Ganze herabfällt. In gleicher Weise ergeht es hier und da auch seinen Altersgenossen. Inzwischen aber sind neue Stämme entstanden und füllen bereits mit ihren glänzenden Verästelungen das obere Drittel des Cylinders aus.

Es giebt nicht viele elektrolytische Lösungen, aus denen sich durch die Elektrolyse an den Elektroden die beiden Ionen selbst frei und deutlich erkennbar machen lassen. Zu ihnen gehört in erster Linie die Salzsäure, deren volumetrische Elektrolyse zur Ableitung der chemischen Grundbegriffe von Wichtigkeit ist. Nach Hofmann bedient man sich hierzu bekanntlich einer mit einem Steigrohr, zwei Hähnen und zwei Kohleelektroden versehenen U-Röhre. Aber wegen der Löslichkeit des Chlors macht es Schwierigkeiten, genau gleiche Volumina Chlor und Wasserstoff zu erhalten, selbst wenn man eine gesättigte Kochsalzlösung, die mit $^1/_{10}$ Volumen concentrierter Salzsäure versetzt ist, anwendet. Nach vielem Probieren habe ich ein befriedigendes Resultat erhalten, indem ich ein Gemisch von 10 cm^3 reiner Salzsäure vom specifischen Gewicht 1,125 mit 150 cm^3 einer sehr concentrierten Chlorcalciumlauge vom specifischen Gewicht 1,36 zwischen Kohleelektroden, die aus reiner Gaskohle geschnitten und mit angelöteten Klemmschrauben versehen waren, im Hofmannschen Apparat elektrolysierte. Wenn bei geöffneten Hähnen der Strom von 5 Accumulatoren 50 Minuten durch die Lösung gegangen ist, so ist dieselbe im Anodenschenkel völlig mit Chlor gesättigt, und nach dem Schluss der Hähne ergeben sich nunmehr auf 40 cm^3 Wasserstoff genau 40 cm^3 Chlor. Nur hat man noch dadurch, dass man mittels eines Hebers oder besser eines am unteren Ende des Steigrohres angebrachten Hahnes nach Schluss der Schenkelhähne die Flüssigkeit aus dem Steigrohr entfernt, für einen negativen Druck zu sorgen. Auf dem letzteren Princip beruht auch der jüngst von L. Meyer (*Ber. d. chem. Ges. 27, 850 [1894]*) beschriebene Apparat, der zwar den Vorzug hat, dass in ihm reine Salzsäure elektrolysiert wird, aber für Schulzwecke zu kostspielig sein dürfte.

Die meisten der bisher erwähnten Elektrolyte bestehen aus zwei Arten von Elementen, welche bei der Elektrolyse an den Elektroden abgeschieden werden. Eine solche Zweiteilung tritt aber ganz allgemein ein, mögen die Molekeln des Elektrolyten noch so compliciert zusammengesetzt sein. Immer wird primär der Wasserstoff oder das Metall oder ein dasselbe vertretende Radical zur Kathode, und der ganze Rest der Molekel zur Anode geführt. Indessen treten an den Elektroden in der Regel noch secundäre Vorgänge ein, sei es zwischen den Ionen und dem Material der Elektroden, sei es zwischen den Ionen und dem Elektrolyten oder dem Wasser, sei es endlich zwischen den Ionen unter sich. Für diese Fälle liessen sich sehr viele Beispiele anführen. Doch sollen hier nur einige hervorgehoben werden.

Wird ein mässig starker Strom durch eine in einem vierkantigen Trog befindliche concentrierte Kupfersulfatlösung zwischen einer Silberkathode und einer Kupferanode geleitet, so wird die Kathode sehr bald mit einer roten Kupferschicht bedeckt, während die Anode an Gewicht abnimmt, da hier jedes SO_4-ion ein Kupferatom löst. Der Erfolg besteht also nur darin, dass der Strom das Kupfer von der Anode nach der Kathode überführt. Ersetzt man nun die Kupferanode durch eine solche von Platin, so wird an derselben Sauerstoff entbunden nach der

Gleichung $SO_4 + H_2O = H_2SO_4 + O$. Diese Elektrolyse eignet sich sogar zur Darstellung des Sauerstoffs, wenn man sich nach Landolt des Apparates *Fig. 3* bedient. Die Kathode *k* ist ein spiralig gerolltes Kupferblech. Der an dasselbe genietete Ableitungsstreifen ist mit Compoundmasse isoliert. *a* ist die Platinanode und *r* das Gasableitungsrohr. *Fig. 4* stellt einen Apparat dar, welcher zeigen soll, dass bei der Elektrolyse der verdünnten Schwefelsäure an der Platinkathode *k* Wasserstoff entbunden wird, und an der Kupferanode *a* das Anion SO_4 Kupfer in Lösung bringt, wodurch sich die untere Hälfte des Elektrolyten nach und nach bläut. So werden alle Säuren und Salze primär in Wasserstoff bezw. Metall und den Säurerest zerlegt.

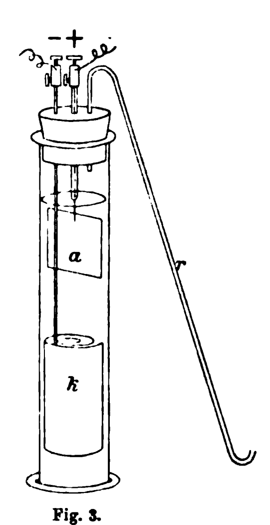


Fig. 3.

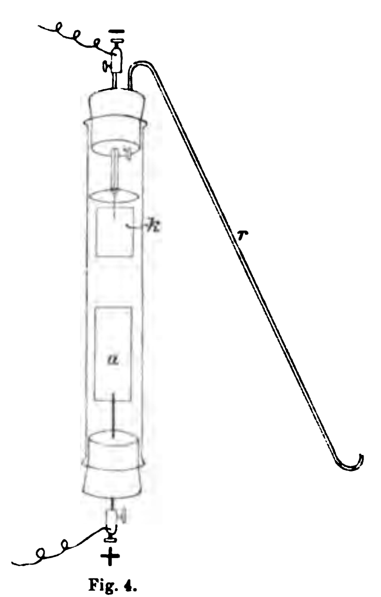


Fig. 4.

Von dieser Regel scheinen auf den ersten Blick die Sauerstoffsalze der Alkalien eine Ausnahme zu machen. Elektrolysiert man eine kalt gesättigte Lösung von Kaliumsulfat in dem Apparat *Fig. 5* zwischen den Platinelektroden *k* und *a* mittels eines Stromes von 10 Accumulatoren, so sammeln sich im Kathodenschenkel 2 Vol. Wasserstoff und im Anodenschenkel 1 Vol. Sauerstoff an, die sich beide nach dem Öffnen der Hähne H_1 und H_2 als solche constatieren lassen. Gleichzeitig aber hat die Flüssigkeit eine Veränderung erlitten. Man leite nach dem Öffnen der Quetschhähne h_1 und h_2 den Inhalt der beiden Schenkel gesondert ab. Die Flüssigkeit aus dem Kathodenschenkel reagiert basisch, die aus dem Anodenschenkel sauer, wie sich beim Hinzufügen von roter bezw. blauer Lackmuslösung ergiebt. Berzelius nahm daher an, dass alle Salze eine Base und eine Säure (im damaligen Sinne) als nähere Bestandteile enthielten und schrieb somit die Formel des Kaliumsulfates $K_2O \,.\, SO_3$. Das Auftreten von Wasserstoff und Sauerstoff betrachtete er als eine zweite, besondere Wirkung des Stromes, nämlich der Elektrolyse des Wassers, und meinte, wenn bei der Elektrolyse des Kupfersulfates zwischen Platinelektroden an der Kathode nur Kupfer und kein Wasserstoff aufträte, so wäre dies die Folge einer Reduktion des CuO seitens des dem Wasser entstammenden Wasserstoffs. Diese Ansicht passte zwar zu seinem elektrochemischen System. Aber die Haloidsalze mussten dann als Ausnahmen angesehen werden, und unerklärt blieb es ferner, wie bei der Einwirkung eines Haloidsalzes auf ein Sauerstoffsalz nur ein Austausch der Metalle stattfindet, während die Sauerstoffsalze unter einander die Basen wechseln sollten. Diese Widersprüche wurden später durch Daniell gehoben. Indem er ausser der die Kaliumsulfatlösung enthaltenden Zersetzungszelle noch ein Wasservoltameter in den Stromkreis ein-

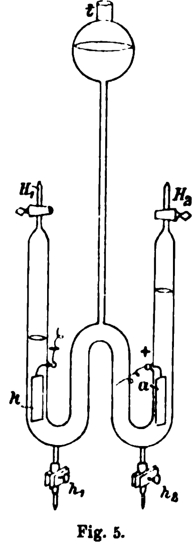


Fig. 5.

schaltete, wies er nach, dass sich in letzterem auch nur dieselben Mengen Wasserstoff und Sauerstoff entwickeln. Es hätte daher der Strom in jener Zersetzungszelle eine grössere Arbeit leisten müssen als im Voltameter, was aber dem Faradayschen Gesetz widersprechen würde. Daniell fand bald die richtige Erklärung. Nach derselben zerlegt der Strom zwischen Platinelektroden das Kaliumsulfat, wie überhaupt jedes Salz, in Metall und Säurerest. Beide aber gehen in diesem Fall mit dem Wasser secundäre Reaktionen ein, an der Kathode nämlich reagiert das Kalium nach der Gleichung: $K_2 + 2\,H_2O = 2\,KOH + H_2$, an der Anode das SO_4 nach der Gleichung: $SO_4 + H_2O = H_2SO_4 + O$. Die Gase sind mithin secundäre Produkte. Dass wirklich das Kalium primär abgeschieden wird, geht auch daraus hervor, dass es mit dem Quecksilber, wenn dieses Kathode ist, ein Amalgam bildet, von welchem sich erst längere Zeit nach dem Stromschluss infolge der Einwirkung des Wassers Wasserstoffbläschen erheben. Nach den Resultaten der Elektrolyse definiert demgemäss Daniell die Salze einheitlich als Verbindungen eines Metalls mit einem Säurerest. Letzterer ist entweder ein Halogen oder eine Gruppe verschiedener Elemente. Da aber ferner der Wasserstoff nach seinem Verhalten in der Wärme (Leitfähigkeit) und zu den Metallen (Occlusion) selbst als ein Metall anzusehen ist, und die Hydroxylgruppen der Basen den Säureresten entsprechen, so lassen sich die Säuren und Basen auch als Salze auffassen, und unter diesem Gesichtspunkt sagt Hittorf (*Über die Wanderungen der Ionen, 2. Hälfte, S. 124, Ostwalds Klassiker*) ganz allgemein: Elektrolyte sind Salze; sie zerfallen bei der Elektrolyse in dieselben Atome oder Atomgruppen, welche sie bei chemischen Reaktionen unter einander austauschen. Von den organischen Verbindungen verhalten sich mithin nur diejenigen als Elektrolyte, welche salzartigen Charakter haben.

Welche Rolle das Wasser bei dem Vorgang der Lösung eines Elektrolyten spielt, wird im Abschnitt V[1]) näher erörtert werden. Doch sei hier schon darauf hingewiesen, dass dasselbe bei der Elektrolyse niemals primär zerlegt wird, dass es überhaupt im absolut reinen Zustand ein Nichtelektrolyt ist. Der oft gebrauchte Ausdruck, die dem Wasser zugesetzte Schwefelsäure mache im Knallgasvoltameter das Wasser leitend, ist also dahin zu verstehen, dass primär jene Säure in H_2 und SO_4 zerlegt wird, und sich SO_4 auf Kosten des Wassers unter Abspaltung des Sauerstoffatoms des letzteren zu H_2SO_4 ergänzt. Man dürfte hier somit nur von einer Elektrolyse der Schwefelsäure reden. Im Anschluss daran möge noch erwähnt werden, dass diese Elektrolyse etwas anders verläuft, wenn die Stromdichte höher, und die Säure concentrierter ist. Kommt auf 5 Vol. Wasser 1 Vol. Schwefelsäure, so ist der Sauerstoff an der Anode reich an Ozon. Dasselbe entsteht nach den Gleichungen: $6\,HHSO_4 = 6\,H + 6\,HSO_4$ und $6\,HSO_4 + 3H_2O = 6\,H_2SO_4 + O_3$. Grössere Mengen ozonhaltigen Sauerstoffs können mittels des Apparates Fig. 6 erhalten werden. Der dicht schliessende Kork auf der Mündung eines kleinen Cylinders trägt das Gasentbindungsrohr r, das engere Rohr g_1 und das weitere Rohr R. Letzteres ist mit einem Kork verschlossen, durch welchen das Rohr g_2 und das kurze, beiderseits offene Röhrchen h gesteckt sind. g_1 und g_2

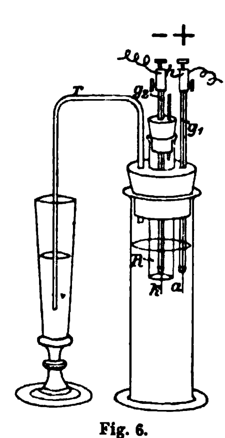


Fig. 6.

[1]) Siehe folgendes Heft.

sind Stücke einer Thermometerröhre. An ihren unteren Enden sind mittels Schmelzglases die nur wenig herausragenden Platindrähte a und k eingeschmolzen, nachdem ihnen vorher je ein dickerer, das Lumen der Röhre ausfüllender Kupferdraht angelötet ist. Wird nun an den Drath in g_1 der positive, an denjenigen in g_2 der negative Pol einer Batterie von etwa fünf Accumulatorenzellen befestigt, so entweicht aus h der Wasserstoff, aus r der Sauerstoff, und dessen Ozongehalt kann an der sehr bald eintretenden Bläuung einer in dem vorgelegten Kelchglas befindlichen Jodkaliumstärkekleisterlösung nachgewiesen werden.

Dass die Ionen auch auf den Elektrolyten selbst einwirken können, mag durch folgende Beispiele erläutert werden.

Bei dem bekannten Versuch der Darstellung des Chlorstickstoffs durch Elektrolyse einer Salmiaklösung (Heumann *Anleitung zum Experimentieren, 1893. S. 268*) wirkt das primär an der Anode abgeschiedene Chlor auf nicht zersetzte Salmiakmolekeln nach der Gleichung $NH_4Cl + Cl_6 = NCl_3 + 4\,HCl$.

Der bei der Elektrolyse einer alkalischen Bleilösung an der Anode secundär gebildete Sauerstoff oxydiert die Bleiverbindung zu Bleisuperoxyd nach den Gleichungen:

$$PbN_2O_6 = Pb + N_2O_6,$$
$$N_2O_6 + H_2O = 2\,HNO_3 + O,$$
$$PbN_2O_6 + O + H_2O = 2\,HNO_3 + PbO_2.$$

Der Versuch lässt sich leicht ausführen. Die Glasschale S_1 (*Fig. 7*), in deren Tubus t der kurze Eisendraht f befestigt ist, setze man auf einen Dreifuss, fülle sie mit einer 5procentigen Lösung von Bleinitrat, welcher das gleiche Volumen Normalnatronlauge zugesetzt ist, und senke in dieselbe eine blanke Metallplatte, am besten eine Platinschale S_2, ein. Verbindet man nun k mit dem Kathoden- und a mit dem Anodenpol einer Accumulatorenzelle, so beobachtet man an S_2 schon nach 15 Secunden 4 bis 5 in den Regenbogenfarben schillernde Ringe von Bleisuperoxyd. Es beruht hierauf die Metallochromie, die eine Verzierung von Gegenständen aus Kupfer oder Messing, die vorher schwach vergoldet sind, bezweckt. Ähnlich wie eine Bleilösung wirkt eine Lösung von 5 g Mangansulfat und 2,5 g Ammoniumsulfat in 100 g Wasser. Der Versuch dauert kaum eine Minute, und die Mangansuperoxydringe sind zahlreicher als die des Bleisuperoxyds. Ersetzt man das Mangansulfat durch Kobaltsulfat, so tritt die von Kobaltoxyd herrührende Ringbildung erst nach etwa 20 Minuten ein.

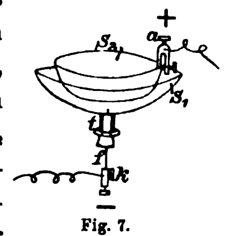


Fig. 7.

Die in der Technik so häufig ausgeführte galvanische Versilberung mittels einer Lösung von Kaliumsilbercyanid $KAgCy_2$ vollzieht sich nach Hittorf (*Über die Wanderungen der Jonen, 2. Hälfte, S. 74, Ostwalds Klassiker*) in der Weise, dass als Kation das Kalium K an die Kathode, als Anion das $AgCy_2$ an die Anode wandert, und jenes K secundär aus $KAgCy_2$ nach der Gleichung $K + KAgCy_2 = 2\,KCy + Ag$ an der Kathode Silber ausfällt, während das Anion $AgCy_2$ von der Silberanode ein Atom Silber löst und sich mit jenen $2\,KCy$ wieder zum complexen Cyanid ergänzt. Besteht die Anode aus Platin, so wird hier aus dem Anion $AgCy_2$ in der That Cyangas frei, und sie bedeckt sich mit Silbercyanid, welches den Strom bald unterbricht. Auf die secundäre Fällung des Silbers an der Kathode führt es Hittorf zurück, dass sich das Silber cohärent und gleichförmig abscheidet, ein Umstand, der die wichtige technische Anwendung jenes Elektrolyten bedingt.

Denn das primär aus einer Silbernitratlösung gefällte Silber hat die Gestalt krystallinischer, in die Lösung hinabwachsender Dendriten.

Noch verwickelter sind die secundären Vorgänge bei der Elektrolyse einer Lösung des Kaliumferrocyanids K_4FeCy_6 von solcher Verdünnung, dass auf 10 cm³ gesättigter Lösung noch 200 cm³ Wasser kommen. Man leite den Strom von fünf Accumulatoren zwischen Platinelektroden durch jene in einem U-Rohr befindliche Lösung. Nach etwa 20 Minuten hat sich im Anodenschenkel Berliner Blau $(Fe_2)_2 (FeCy_6)_3$ gebildet, während die Flüssigkeit im Kathodenschenkel durch die aufsteigenden Wasserstoffbläschen milchig getrübt erscheint. Nach Hittorf (*l. c. S. 72*) geht nämlich K_4 an die Kathode, wo es sich mit dem Wasser nach der Gleichung $K_4 + 4\,H_2O = 4\,KOH + H_4$ umsetzt, und das $FeCy_6$-ion an die Anode. An letzterer würde, wenn der Vorrat von K_4FeCy_6 ausreichte, Kaliumferricyanid K_3FeCy_6 nach der Gleichung $3\,K_4\,Fe\,Cy_6 + Fe\,Cy_6 = 4\,K_3FeCy_6$ enstehen. Ist aber die Lösung so verdünnt wie die obige, so erfolgen an der Anode die Processe:

$$FeCy_6 + 2\,H_2O = H_4FeCy_6 + O_2 \text{ und}$$
$$7\,H_4FeCy_6 + O_2 = 24\,HCy + (Fe_2)_2\,(FeCy_6)_3 + 2\,H_2O.$$

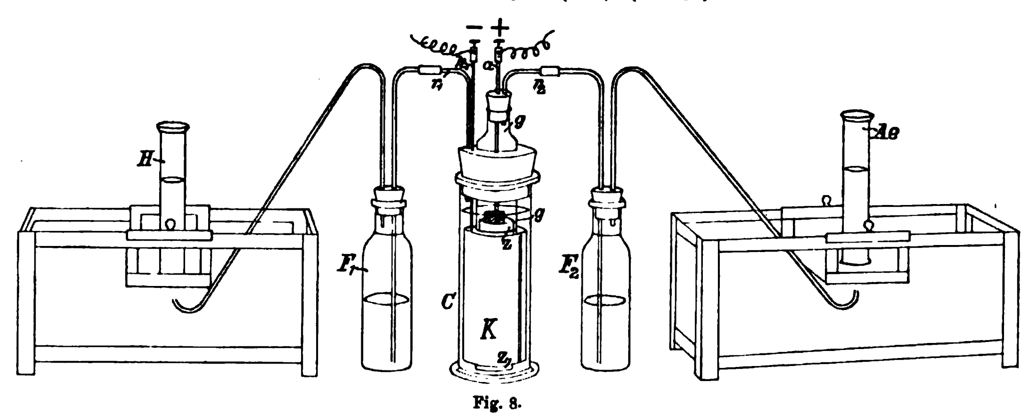


Fig. 8.

Die Einwirkung der Ionen eines Elektrolyten auf einander wird durch die Elektrolyse einer sehr concentrierten Lösung von essigsaurem Natrium CH_3COONa exemplificiert. Als Zersetzungszelle, wie sie in den früheren Hofmannschen Vorlesungen benutzt wurde, dient ein ungefähr 1 Liter fassender Cylinder C (*Fig. 8*). In demselben steht eine Thonzelle z, über deren oberen Rand das glockenförmige Glasgefäss g (Flasche, deren Boden abgesprengt ist) geschoben ist. Als Kathode dient der mit angenietetem Zuleitungsstreifen k_1 versehene Kupferblechcylinder K, als Anode ein an dem Draht a befestigtes Platinblech. Die Gasableitungsröhre r_1 steht mit einer mit Wasser beschickten Waschflasche F_1, und die Röhre r_2 mit einer gleich grossen Waschflasche F_2 in Verbindung. Letztere enthält ein gleiches Volumen Ätzbarytlösung. Die erforderlichen Pfropfen müssen selbstverständlich alle gut schliessen. Der Strom von fünf Accumulatoren reicht zum Versuch aus. Aus r_1 entweicht Wasserstoff, der sich secundär nach der Gleichung: $2\,Na + 2\,H_2O = 2\,NaOH + H_2$ entwickelt. An der Anode wirken die beiden Anionen $2\,CH_3COO$ so auf einander ein, dass C_2H_6 und $2\,CO_2$ entstehen. Diese Gase entweichen aus r_2. CO_2 wird von der Ätzbarytlösung absorbiert, wie der weisse Niederschlag von Baryumcarbonat in der Flasche F_2 beweist. C_2H_6 wird in der vorgelegten pneumatischen Wanne im Cylinder Ae aufgefangen und nimmt nahezu dasselbe Volumen ein als der in der anderen Wanne im Cylinder H gesammelte Wasserstoff. An der Leuchtkraft ihrer Flammen lassen sich beide

Gase deutlich unterscheiden. Der Versuch ist auch für den Unterricht in der organischen Chemie von besonderer Bedeutung.

Endlich sei noch ein Apparat *Fig. 9* beschrieben, der als Polsucher verwendbar ist, und dessen Wirkung ebenfalls auf secundären Reaktionen beruht. Durch den Pfropfen eines kleinen Standcylinders ist das Glasrohr g gesteckt. In der Röhre r_1 ist ein Zuleitungsdraht angebracht, der mit dem engeren, längeren Platinblechcylinder R_1 in Verbindung steht. Der Leitungsdraht der Röhre r_2 trägt den weiteren, schmaleren Ring R_2 aus Platinblech. Der Cylinder ist mit einer Kochsalzlösung gefüllt, in welcher durch einen gehörigen Alkoholzusatz kleinere Mengen von Phenolphtaleïn gelöst sind. Beim Stromschluss wird die Flüssigkeit an derjenigen Elektrode intensiv rot gefärbt, die an den negativen Pol der zu prüfenden Batterie angeschlossen ist. Denn um diese Elektrode bildet sich freies Alkali, welches mit dem Phenolphtaleïn das rote Natriumsalz desselben erzeugt. Durch Schütteln des Cylinders verschwindet die rote Farbe sofort wieder, weil die an der Anode entstandene Salzsäure jenes Salz unter Abspaltung des Phenolphtaleïns zersetzt. Auf demselben Princip beruht die Benutzung des bekannten Polreagenzpapieres, welches durch Imprägnieren des Fliesspapiers mit obigem Lösungsgemisch hergestellt wird und vor dem Gebrauch anzufeuchten ist.

Fig. 9.

II. Das Faradaysche Gesetz.

Die bisher aufgeführten Versuche thun dar, dass die Wirkung eines elektrolysierenden Stromes sehr mannigfach sein kann. Nochmals aber sei betont, dass der Elektrolyt primär stets in zwei Teile zerfällt, von denen der eine an die Kathode wandernde metallischer Natur, und der andere zur Anode gehende der Säurerest ist. Es war nun ein glücklicher Gedanke Faradays, den nämlichen Strom durch eine Reihe hinter einander geschalteter Zersetzungszellen, welche Elektrolyte verschiedener Art enthielten, zu schicken. So war es möglich, die von der gleichen Strommenge bewirkten Veränderungen quantitativ in Beziehung zu setzen. Die Resultate ergaben das für die Elektricitätslehre von fundamentaler Wichtigkeit gewordene Faradaysche Gesetz der festen elektrolytischen Aktion (1833). In der ihm von Helmholtz gegebenen Fassung lautet dasselbe: derselbe Strom macht in den verschiedenen Elektrolyten gleich viel Valenzen frei oder führt sie in andere Combinationen über. Um dieses Gesetz für die Kationen im Unterricht abzuleiten, scheint mir folgende Versuchsanordnung zweckmässig. In den Kreis eines von fünf Accumulatoren gelieferten Stromes schalte man einen Rheostaten, mittels dessen der Strom anfangs abzuschwächen ist, einen Hofmannschen Wasserzersetzungsapparat und vier prismatische Tröge ein, von denen zwei, nämlich G_1 und G_2, nebst dem Hofmannschen Apparat in der *Fig. 10* dargestellt sind. In jeden der Tröge ragen die Elektrodenbleche a und k hinab, deren

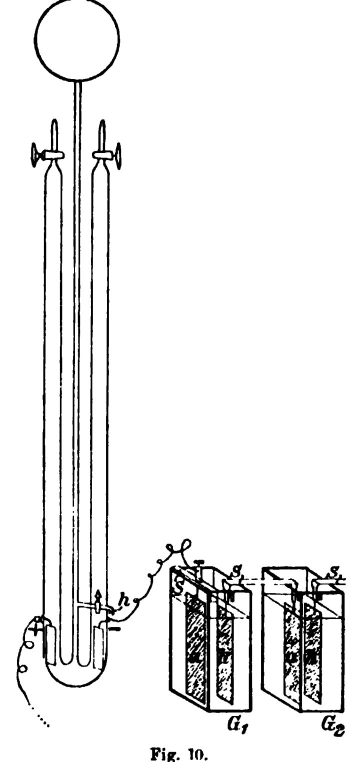


Fig. 10.

Zuleitungsdrähte mit den Kupferblechstreifen *SS* mittels angelöteter Klemmschrauben befestigt sind. Die Kathoden bestehen sämtlich aus Platin, sie sind vor dem Versuch mit rauchender Salpetersäure sorgfältig zu reinigen und auf cg genau zu wägen. Als Anodenmetall ist entweder ebenfalls Platin oder das im Elektrolyten enthaltene Metall zu verwenden. Bei der Auswahl der Elektrolyte ist zu berücksichtigen, dass die Metallniederschläge an den Kathoden fest haften müssen und wenigstens während der Dauer des Wägens nicht oxydiert werden dürfen, und dass ferner die Wertigkeit ihrer Atome möglichst verschieden ist. Dementsprechend sind zu empfehlen: eine Kaliumsilbercyanidlösung erhalten aus 200 g Wasser, 3 g Silbernitrat und 5 g Kaliumcyanid, eine Kupferchlorürlösung, die man durch Auflösen von 3 g des käuflichen, mit Wasser zu waschenden Salzes in Salzsäure und Verdünnen auf 200 cm^3 darstellt, eine Kupfersulfatlösung, die aus 100 cm^3 gesättigter Lösung, 100 cm^3 Wasser und 15 cm^3 Salpetersäure besteht, und schliesslich eine Zinnchloridlösung, die man erhält, indem man 1 g Stanniol in Salzsäure löst, die freie Säure nach Hinzufügung einiger Tropfen Brom fast vollständig abdampft, dann 100 cm^3 Wasser und 100 cm^3 gesättigter Ammoniumbioxalatlösung zusetzt. Nach der etwa 30 Minuten dauernden Elektrolyse sind die Kathodenbleche mit Wasser abzuspülen, mit Alkohol und Äther gut zu trocknen und zu wägen. In folgender Tabelle sind die Resultate eines Versuchs übersichtlich geordnet.

Elektrolyt:	I. Verd. Schwefelsäure 1 : 12	II. $KAgCy_2$	III. $CuCl$	IV. $CuSO_4$	V. $SnCl_4$
Elektrodenmaterial	$Pt-$ $Pt+$	$Pt-$ $Ag+$	$Pt-$ $Cu+$	$Pt-$ $Cu+$	$Pt-$ $Pt+$
Menge der abgeschiedenen Kationen	67 cm^3 $H=$ 6,002 mg	650 mg *Ag*	380 mg *Cu*	190 mg *Cu*	170 mg *Sn*
Auf 1 mg *H* kommen	1 mg *H*	108,2 mg *Ag*	63,6 mg *Cu*	31,8 mg *Cu*	28,3 mg *Sn*
Atomgewichte	1	107,6	63,3	63,3	117,8
Fehler in Proc.	—	+ 0,6 %	+ 0,4 %	+ 0,4 %	— 4 %

Die Zahlen für die abgeschiedenen Mengen der Kationen ergeben, wenn sie auf einen Gewichtsteil Wasserstoff bezogen werden, in der That nahezu diejenigen Mengen der Metalle, welche einer einzelnen Valenz ihres Atoms entsprechen, denn in den Lösungen II und III sind die Silber- bezw. Kupferatome einwertig, in IV sind die Kupferatome zweiwertig, und in V die Zinnatome vierwertig. Das Faradaysche Gesetz wird somit durch jenen Versuch genügend demonstriert. Weiter liesse sich auch zeigen, dass die Quantitäten der abgeschiedenen Kationen der Zeit des Stromdurchgangs proportional sind. Da nun nach den genaueren Versuchen von F. und W. Kohlrausch 0,3281 mg *Cu* durch die Strommenge von 1 Coulomb (Einheit der Strommenge pro Sekunde) aus den Oxydsalzen frei gemacht werden, so würden aus diesen Salzen 31,65 g *Cu* durch 96465 Coulomb niedergeschlagen werden. Diese Strommenge bedeutet daher das elektrochemische Äquivalent, d. h. diejenige Anzahl Coulomb, welche den auf eine Valenz bezogenen und in g ausgedrückten Anteil der Atomgewichte der Metalle bezw. der Gewichte der Anionengruppen abspaltet.

Die aus dem Faradayschen Gesetz zu ziehende Folgerung, dass bei der Einwirkung jener bestimmten Strommenge auf einen Elektrolyten die Ionen ganz unabhängig von ihrer chemischen Natur immer in den einer einzelnen Valenz entsprechenden Quantitäten an die Elektroden wandern, war ein harter Schlag für die Berzeliussche elektrochemische Theorie, nach welcher jene Elektricitätsmenge

der chemischen Affinität hätte proportional sein müssen, mit welcher die Atome zur Molekel der Verbindung zusammengehalten sein sollten. Aber selbst für sehr schwache Ströme, durch deren Elektricitätsmenge 1 mg Knallgas erst nach 150 Jahren abgeschieden sein würde, hat Helmholtz das Faradaysche Gesetz bestätigt. In seiner zu London am 5. April 1881 gehaltenen Faraday-Rede legte er den Grund zu einer neuen elektrochemischen Theorie. Das Wesentlichste derselben besteht in der Annahme, dass jeder Valenzwert eines elementaren oder zusammengesetzten Ions mit der nämlichen Elektricitätsmenge positiver oder negativer Art, die gleichsam wie ein elektrisches Atom sich nicht weiter teilen lässt, geladen ist. Nach dem Stromschluss müssen daher die mit positiven Ladungen behafteten Kationen an die Kathode, die negativ geladenen Anionen an die Anode wandern. Sind nun die Bedingungen dafür erfüllt, dass die Ionen an den Elektroden frei werden, so geschieht dies dadurch, dass sie durch die den Elektroden seitens des Stromes zugeführten Elektricitätsmengen der entgegengesetzten Art neutralisiert werden und so den Ionenzustand aufgeben. Dies ist der Fall bei der Abscheidung der Schwermetalle an der Kathode. Bringt aber das Anion das Material der Anode in Lösung, so muss die der Valenzmenge jenes Anions äquivalente Menge des Anodenmetalles auf Kosten des Stromes geladen werden. Löst z. B. das SO_4-ion an einer Kupferanode 1 Atom Cu auf, so werden hier zwei positive Ladungsmengen verbraucht, um das Kupferatom in den Ionenzustand zu versetzen. Wenn somit eine Kupfersulfatlösung zwischen Kupferelektroden elektrolysiert wird, bildet der Strom an der Anode durch Ladung eines Kupferatoms ein neues Cu-ion, und an die Kathode wird dieselbe positive Elektricitätsmenge abgegeben, damit hier ein Cu-ion im neutralen, metallischen Zustand ausgeschieden werden kann. Reagieren endlich die Ionen auf das Wasser, so werden aus dem letzteren auf Kosten des elektrolysierenden Stromes an der Kathode negative OH-ionen und an der Anode positive H-ionen gebildet. Demnach werden, wenn das Anion SO_4 an einer Platinanode erscheint, aus einer Wassermolekel zwei Wasserstoffatome positiv geladen, und das Sauerstoffatom der Wassermolekel wird frei; und tritt ein Kalium- oder Natriumion an der Kathode auf, so wird hier je ein Hydroxyl OH negativ geladen und übernimmt die Rolle des zu einem Alkaliion gehörigen Anions, während ein Wasserstoffatom an der Kathode entbunden wird.

So hat es Helmholtz nicht allein anschaulich gemacht, worin die Elektricitätsleitung durch einen Leiter zweiter Ordnung, der demnach immer eine chemische Verbindung sein muss, besteht, sondern auch erklärt, warum die durch gleiche Strommengen hervorgerufenen chemischen Veränderungen immer in äquivalenten Gewichtsverhältnissen erfolgen. Ferner ist es verständlich, wieso isomere Ionen von verschiedener Qualität, z. B. von verschiedener Farbe, sein können, wieso also das Ferroion grün, das Ferriion gelbrot, ferner das MnO_4-ion der Übermangansäure $HMnO_4$ violett, und das MnO_4-ion der Mangansäure H_2MnO_4 grün ist. Die Qualitäten hängen eben von dem Energieinhalt der Ionen ab, und dieser wird wiederum durch die Zahl der Valenzen, also auch durch die Ladungsmengen bedingt. (Näheres s. Abschnitt V.).

Die einem Wasserstoffion zukommende positive Ladung kann man annähernd berechnen, wenn man bedenkt, dass 1 mg Wasserstoff durch 96,465 Coulomb ausgeschieden wird, und auf Grund gewisser Thatsachen annimmt, dass diese Wasserstoffmenge $1,2 \cdot 10^{21}$ Atome enthält. Ein Wasserstoffion muss demnach mit $96,465 : (1,2 \cdot 10^{21}) = 8 \cdot 10^{-20}$ Coulomb $= 8 \cdot 10^{-21}$ absoluten Einheiten geladen

sein, und diese Grösse würde allgemein als die absolute Valenzladung angesehen werden müssen.

Unentschieden bleibt freilich noch, wie man sich den Vorgang der Neutralisation der Ionen an den Elektroden des näheren zu denken hat. Hierüber bestehen zwei Ansichten. Entweder wird das Ion nach Abgabe der ihm gehörigen Ladung wirklich elektricitätslos, oder es wird infolge des an der Elektrode stattfindenden Verbrauchs der doppelten Ladungsmenge mit der entgegengesetzten Ladung versehen, um mit einem noch nicht veränderten Ion zu einer Molekel aus zwei entgegengesetzt geladenen Atomen (z. B. $H+H-$) zusammenzutreten. Die letztere Annahme ist mit der jetzt allgemein anerkannten Einatomigkeit der Metallmolekeln schwer zu vereinigen und führt überhaupt schliesslich dazu, wie schon Berzelius that, elektrische und chemische Energie zu identificieren. Da aber unser Wissen über das Wesen beider Energieformen noch sehr lückenhaft ist, so ist es zu empfehlen, sich der ersteren, einfacheren Hypothese anzuschliessen, und die obigen Auseinandersetzungen sind bereits im Sinne derselben gehalten.

(Fortsetzung folgt.)

Heinrich Rudolf Hertz.

Von

Hermann von Helmholtz.[1])

Am 1. Januar 1894 starb Heinrich Hertz. Für alle, die den Fortschritt der Menschheit in der möglichst breiten Entwickelung ihrer geistigen Fähigkeiten und in der Herrschaft des Geistes über die natürlichen Leidenschaften wie über die widerstrebenden Naturkräfte zu sehen gewohnt sind, war die Nachricht vom Tode dieses bevorzugten Lieblings des Genius eine tief erschütternde. Durch seltenste Gaben des Geistes und Charakters begünstigt, hat er in seinem leider so kurzen Leben eine Fülle fast unverhoffter Früchte geerntet, um deren Gewinnung sich während des vorausgehenden Jahrhunderts viele von den begabtesten seiner Fachgenossen vergebens bemüht haben. — In alter, klassischer Zeit würde man gesagt haben, er sei dem Neide der Götter zum Opfer gefallen. Hier schienen Natur und Schicksal in ganz ungewöhnlicher Weise die Entwickelung eines Menschengeistes begünstigt zu haben, der alle zur Lösung der schwierigsten Probleme der Wissenschaft erforderlichen Angaben in sich vereinigte. Es war ein Geist, der ebenso der höchsten Schärfe und Klarheit des logischen Denkens fähig war, wie der grössten Aufmerksamkeit in der Beobachtung unscheinbarer Phänomene. Der uneingeweihte Beobachter geht an solchen leicht vorüber, ohne auf sie zu achten; dem schärferen Blicke aber zeigen sie den Weg an, durch den er in neue unbekannte Tiefen der Natur einzudringen vermag.

Heinrich Hertz schien prädestiniert zu sein, der Menschheit solche neue Einsicht in viele bisher verborgene Tiefen der Natur zu erschliessen, aber alle diese Hoffnungen scheiterten an der tückischen Krankheit, die, langsam und unaufhaltsam vorwärts schleichend, dieses der Menschheit so kostbare Leben vernichtete und alle darauf gesetzten Hoffnungen grausam zerstörte.

Ich selbst habe diesen Schmerz tief empfunden, denn unter allen Schülern, die ich gehabt habe, durfte ich Hertz immer als denjenigen betrachten, der sich am tiefsten in meinen eigenen Kreis von wissenschaftlichen Gedanken eingelebt hatte, und auf den

---

[1]) Vorwort zu dem *III. Bande der Gesammelten Werke von Heinrich Hertz.* (*Die Principien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt. Herausgegeben von Ph. Lenard. Leipzig 1894.*) Mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung von Johann Ambrosius Barth (Arthur Meiner) abgedruckt.

ich die sichersten Hoffnungen für ihre weitere Entwickelung und Bereicherung glaubte setzen zu dürfen.

Heinrich Rudolf Hertz ward am 22. Februar 1857 in Hamburg als ältester Sohn des damaligen Rechtsanwalts, späteren Senators Dr. Hertz geboren. Nachdem er bis zu seiner Confirmation den Unterricht in einer der städtischen Bürgerschulen erhalten hatte, trat er nach einem Jahre häuslicher Vorbereitung für höher reichende Studien in die Gelehrtenschule seiner Vaterstadt, das Johanneum, ein und verliess dieselbe 1875 mit dem Zeugnis der Reife. Er gewann schon als Knabe die Anerkennung seiner Eltern und Lehrer wegen seines ungewöhnlich regen Pflichtgefühls. Die Art seiner Begabung zeigte sich schon früh dadurch, dass er aus eigenem Antriebe neben seinen Schulfächern mechanische Arbeiten an der Hobel- und Drehbank betrieb, daneben Sonntags die Gewerbeschule besuchte, um sich im geometrischen Zeichnen zu üben, und sich mit den einfachsten Hilfsmitteln brauchbare Instrumente optischer und mechanischer Art zu erbauen bestrebte.

Als er nach Beendigung seines Schulcursus sich zu der Wahl eines Berufs entschliessen musste, wählte er den des Ingenieurs. Es scheint, dass die auch in späteren Jahren als ein charakteristischer Grundzug seines Wesens hervortretende Bescheidenheit ihn an seiner Begabung für theoretische Wissenschaft zweifeln liess, und dass er sich bei der Beschäftigung mit seinen geliebten mechanischen Arbeiten des Erfolges sicherer fühlte, weil er deren Tragweite schon damals ausreichend verstand. Vielleicht hat ihn auch die in seiner Vaterstadt herrschende, mehr dem Praktischen zugeneigte Sinnesweise beeinflusst. Übrigens beobachtet man nicht selten diese Art zaghafter Bescheidenheit gerade bei jungen Leuten von hervorragenden Anlagen. Sie haben wohl eine deutliche Vorstellung von den Schwierigkeiten, die vor der Erreichung des ihnen vorschwebenden hohen Zieles zu überwinden sind, und müssen ihre Kräfte erst praktisch erprobt haben, ehe sie das zu ihrem schweren Werke nötige Selbstvertrauen gewinnen. Aber auch in ihrer späteren Entwickelung pflegen reich veranlagte Naturen um so unzufriedener mit ihren eigenen Werken zu sein je höher ihre Fähigkeiten und ihre Ideale reichen. Die Begabtesten erreichen offenbar nur deshalb das Höchste, weil sie am empfindlichsten gegen jede Unvollkommenheit sind, und am unermüdlichsten an deren Beseitigung arbeiten.

Volle zwei Jahre dauerte bei Heinrich Hertz dieses Stadium des Zweifels. Dann entschloss er sich im Herbst 1877 zur akademischen Laufbahn, da er bei reifenden Kenntnissen sich innerlich überzeugte, dass er nur in wissenschaftlicher Arbeit dauernde Befriedigung finden würde. Der Herbst 1878 führte ihn nach Berlin, wo ich ihn zuerst als Prakticanten in dem von mir geleiteten physikalischen Laboratorium der Universität kennen lernte. Schon während er die elementaren Übungsarbeiten durchführte, sah ich, dass ich es hier mit einem Schüler von ganz ungewöhnlicher Begabung zu thun hatte, und da mir am Ende des Sommersemesters die Aufgabe zufiel, das Thema zu einer physikalischen Preisarbeit für die Studierenden vorzuschlagen, wählte ich eine Frage aus der Elektrodynamik, in der sicheren, nachher auch bestätigten Voraussetzung, dass Hertz sich dafür interessieren und sie mit Erfolg angreifen werde.

Die Gesetze der Elektrodynamik wurden damals in Deutschland noch von der Mehrzahl der Physiker aus der Hypothese von W. Weber hergeleitet, welche die elektrischen und magnetischen Erscheinungen auf eine Modification der Newtonschen Annahme von unmittelbar und geradlinig in die Ferne wirkenden Kräfte zurückzuführen suchte. Die Abnahme der betreffenden Kräfte in der Ferne sollte demselben Gesetze wie die von Newton angenommene Gravitationskraft und die von Coulomb zwischen je zwei elektrisierten Massenpunkten gemessene scheinbare Fernkraft folgen, es sollte nämlich die Intensität der Kraft dem Quadrate des Abstandes der auf einander wirkenden elektrischen Quanta umgekehrt, dem Produkte der beiden Quanta aber direkt proportional sein, und zwar mit abstossender Wirkung zwischen gleichnamigen, anziehender zwischen ungleichnamigen Mengen. Übrigens wurde in Webers Hypothese die Ausbreitung dieser

Kraft durch den unendlichen Raum als augenblicklich und mit unendlicher Geschwindigkeit erfolgend vorausgesetzt. Der einzige Unterschied zwischen W. Webers Annahme und der von Coulomb bestand darin, dass Weber voraussetzte, auch die Geschwindigkeit, mit der sich die beiden elektrischen Quanta einander näherten oder von einander entfernten, und auch die Beschleunigungen dieser Geschwindigkeiten könnten einen Einfluss auf die Grösse der Kraft zwischen den beiden elektrischen Mengen haben. Neben dieser Weberschen Hypothese bestanden noch eine Reihe ähnlicher anderer, die alle das Gemeinsame hatten, dass sie die Grösse der Coulombschen Kraft noch durch den Einfluss irgend einer Componente der Geschwindigkeit der bewegten elektrischen Quanta modificiert ansahen. Solche Hypothesen waren von F. E. Neumann, von dessen Sohne C. Neumann, von Riemann, Grossmann, später von Clausius aufgestellt worden. Magnetisierte Molekeln galten als Axen elektrischer Kreisströme, nach einer schon von Ampère aufgefundenen Analogie ihrer nach aussen gerichteten Wirkungen.

Diese bunte Blumenlese von Annahmen war in ihren Folgerungen sehr wenig übersichtlich und erforderte zu ihrer Ableitung verwickelte Rechnungen, Zerlegungen der Einzelkräfte in ihre verschieden gerichteten Componenten u. s. w. So war das Gebiet der Elektrodynamik um jene Zeit zu einer unwegsamen Wüste geworden. Beobachtete Thatsachen und Folgerungen aus höchst zweifelhaften Theorien liefen ohne sichere Grenze durcheinander. In dem Streben, dieses Wirrsal übersehen zu lernen, hatte ich es übernommen, das Gebiet der Elektrodynamik, so weit ich sah, zu klären, und die unterscheidenden Folgerungen der verschiedenen Theorien aufzusuchen, um wo möglich durch passend angestellte Versuche zwischen ihnen zu unterscheiden.

Es ergab sich daraus folgendes allgemeine Resultat: Alle Erscheinungen, die vollkommen geschlossene Ströme bei ihrer Circulation durch in sich zurücklaufende metallische Leitungskreise hervorrufen und die die gemeinsame Eigentümlichkeit haben, dass es, während sie fliessen, zu keiner erheblichen Veränderung der in einzelnen Teilen des Leiters angesammelten elektrischen Ladungen kommt, liessen sich aus allen den genannten Hypothesen gleich gut ableiten. Ihre Folgerungen stimmten sowohl mit Ampères Gesetzen der elektromagnetischen Wirkungen, wie mit den von Faraday und Lenz entdeckten und von F. E. Neumann verallgemeinerten Gesetzen der inducierten elektrischen Ströme wohl überein. In unvollständig geschlossenen leitenden Kreisen dagegen führten die verschiedenen oben genannten Hypothesen zu wesentlich verschiedenen Folgerungen. Die erwähnte gute Übereinstimmung aller der verschiedenen damaligen Theorien mit den an vollständig geschlossenen Strömungen beobachteten Thatsachen erklärt sich leicht daraus, dass man geschlossene Ströme beliebig lange Zeit und in beliebiger Stärke unterhalten kann, jedenfalls lange genug, dass die von ihnen ausgeübten Kräfte volle Zeit haben, ihre Wirkungen sichtbar zu entfalten, dass deshalb die thatsächlichen Wirkungen solcher Ströme und ihre Gesetze wohlbekannt und genau ermittelt waren. Daher würde jede Abweichung einer neu aufgestellten Theorie von irgend einer der bekannten Thatsachen dieses wohl durchgearbeiteten Gebietes schnell aufgefallen und zur Widerlegung der Theorie benutzt worden sein.

Dagegen sammeln sich an den offenen Enden ungeschlossener Leiter, wo sich isolierende Massen zwischen diese Enden einschieben, durch jede elektrische Bewegung längs der Länge des Leiters sogleich elektrische Ladungen an, herrührend von der gegen das Ende des Leiters hindrängenden Elektricität, die ihren Weg durch den Isolator nicht fortsetzen kann. Eine ausserordentlich kurze Dauer der Strömung genügt in einem solchen Falle, um die abstossende Kraft der am Ende angehäuften Elektricität gegen die gleichnamige nachdrängende so hoch zu steigern, dass diese in ihrer Bewegung vollständig gehemmt wird, wonach zunächst das weitere Zuströmen aufhört und nach momentaner Ruhe dann ein schnelles Zurückdrängen der angesammelten Elektricität folgt.

Es war für jeden Kenner der thatsächlichen Verhältnisse zu jener Zeit klar, dass sich das vollkommene Verständnis der Theorie der elektromagnetischen Erscheinungen

nur durch die genaue Untersuchung der Vorgänge bei diesen sehr schnell vorübergehenden ungeschlossenen Strömen werde gewinnen lassen. W. WEBER hatte versucht, gewisse Schwierigkeiten seiner elektrodynamischen Hypothese zu beseitigen oder zu vermindern dadurch, dass er sich auf die Möglichkeit berufen, die Elektricität könne einen gewissen Grad von Beharrungsvermögen haben, wie es den schweren Körpern zukomme. Scheinbar zeigen bei Schliessung und Unterbrechung jedes Stromes sich Wirkungen, die den Anschein eines Beharrungsvermögens der Elektricität vortäuschen. Diese rühren aber von der sogenannten elektrodynamischen Induktion d. h. von einer gegenseitigen Einwirkung nahe gelegener Stromleiter auf einander her und sind in ihren Gesetzen seit FARADAY wohlbekannt. Wahres Beharrungsvermögen müsste nur der Masse der bewegten Elektricität proportional sein, ohne von der Lage des Leiters abzuhängen. Wenn etwas derart existierte, müsste es sich durch eine Verlangsamung der oscillierenden Bewegungen der Elektricität zu erkennen geben, wie sie nach jähen Unterbrechungen elektrischer Ströme in gut leitenden Drähten sich zeigen. Auf diesem Wege liess sich die Bestimmung einer oberen Grenze für den Wert dieses Beharrungsvermögens erwarten, und deshalb stellte ich die Aufgabe, über die Grösse von Extraströmen Versuche auszuführen. Aus diesen sollte wenigstens eine obere Grenze für die bewegte Masse festgestellt werden. Es waren schon in der Aufgabe, als zu diesen Versuchen besonders geeignet erscheinend, Extraströme aus doppeldrähtigen Spiralen vorgeschlagen, deren Zweige in entgegengesetzter Richtung durchflossen wären. In der Lösung dieser Aufgabe bestand die erste grössere Arbeit von HEINRICH HERTZ. Er giebt darin eine präcise Antwort auf die gestellte Frage und zeigt, dass höchstens $^1/_{20}$ bis $^1/_{30}$ des Extrastromes aus einer doppeldrähtigen Spirale der Wirkung einer Trägheit der Elektricität zuzuschreiben sei. Diese Arbeit wurde mit dem Preise gekrönt.

Aber HERTZ beschränkte sich nicht auf die vorgeschlagenen Versuche. Er erkannte nämlich, dass bei geradlinig ausgespannten Drähten die Induktionswirkungen, trotz ihrer sehr viel geringeren Stärke, viel genauer zu berechnen waren, als bei Spiralen mit vielen Windungen, weil er hier die Lagerungsverhältnisse nicht genau abmessen konnte. Daher benützte er zu weiteren Versuchen eine Leitung aus zwei Rechtecken von geraden Drähten und fand hier, dass der von dem Beharrungsvermögen herrührende Extrastrom höchstens $^1/_{250}$ von dem Werte des Induktionsstromes betrage.

Untersuchungen über den Einfluss der Centrifugalkraft in einer schnell rotierenden Platte auf die Bewegung eines sie durchfliessenden elektrischen Stromes führten ihn zu einer noch viel tiefer liegenden oberen Grenze des Beharrungsvermögens der Elektricität.

Diese Versuche haben ihm offenbar die ungeheure Beweglichkeit der Elektricität eindringlich zur Anschauung gebracht und ihm geholfen, die Wege zu finden, um seine wichtigsten Entdeckungen zu machen.

In England waren durch FARADAY ganz andere Vorstellungen über das Wesen der Elektricität verbreitet. Seine in schwerverständlicher abstrakter Sprache vorgetragenen Ideen brachen sich nur langsam Bahn, bis sie in CLARK MAXWELL einen berufenen Interpreten fanden. FARADAYS Hauptbestreben bei der Erklärung der elektrischen Erscheinungen ging dahin, alle Voraussetzungen, bestehend in Annahmen von nicht direkt wahrnehmbaren Vorgängen oder Substanzen, auszuschliessen. Vor allem wies er, wie es einst zu Anfang seiner Laufbahn schon NEWTON gethan, die Hypothese von der Existenz der Fernkräfte zurück. Es schien ihm undenkbar, wie die älteren Theorien annahmen, dass direkte und unmittelbare Wirkungen zwischen zwei räumlich getrennten Körpern bestehen sollten, ohne dass in den zwischenliegenden Medien irgend eine Veränderung vor sich gehe. Daher suchte er zunächst nach Spuren von Veränderungen in Medien, welche zwischen elektrisierten oder zwischen magnetischen Körpern lagen. Es gelang ihm der Nachweis von Magnetismus oder Diamagnetismus bei fast allen bisher für unmagnetisch geltenden Körpern. Ebenso wies er nach, dass unter der Einwirkung elektrischer Kräfte

gut isolierende Körper eine Veränderung erlitten; diese bezeichnete er als „dielektrische Polarisation der Isolatoren".

Es liess sich nicht verkennen, dass die Anziehung zwischen zwei mit Elektricität beladenen Leitern oder zwischen zwei entgegengesetzten Magnetpolen in Richtung ihrer Kraftlinien sich wesentlich verstärken musste, wenn man dielektrisch oder magnetisch polarisierte Medien zwischen sie einschaltete. Quer gegen die Kraftlinien musste dagegen eine Abstossung entstehen. Nach diesen Entdeckungen konnte nicht mehr geleugnet werden, dass ein Teil der magnetischen und elektrischen Fernwirkung durch Vermittelung der zwischenliegenden polarisierten Medien zustande käme, ein anderer konnte freilich immerhin noch übrig bleiben, der einer direkten Fernkraft angehörte.

FARADAY und MAXWELL neigten sich der einfacheren Annahme zu, dass überhaupt Fernkräfte nicht existierten, und MAXWELL entwickelte die mathematische Fassung dieser Hypothese, welche allerdings eine vollständige Umkehr der bisherigen Anschauungen verlangte. Danach musste der Sitz der Veränderungen, welche die elektrischen Erscheinungen hervorbringen, nur noch in den Isolatoren gesucht werden, Entstehen und Vergehen der Polarisationen in den Isolatoren musste der Grund der scheinbar in den Leitern stattfindenden elektrischen Bewegungen sein. Ungeschlossene Ströme gab es nicht mehr, denn die Anhäufung elektrischer Ladungen an den Enden der Leitung und die dabei in den sie trennenden Isolatoren auftretende dielektrische Polarisation stellte eine äquivalente elektrische Bewegung in den zwischenliegenden Isolatoren dar, die die Lücke des Stromes zu ergänzen geeignet schien.

Schon FARADAY hatte mit seiner sehr sicheren und tiefgehenden inneren Anschauung geometrischer und mechanischer Fragen erkannt, dass die Verteilung der elektrischen Fernwirkungen im Raume nach diesen Annahmen genau mit der durch die alte Theorie gefundenen stimmen musste.

MAXWELL bestätigte und erweiterte dies mit den Hilfsmitteln der mathematischen Analysis zu einer vollständigen Theorie der Elektrodynamik. Ich selbst erkannte sehr wohl das Zwingende in den von FARADAY gefundenen Thatsachen und untersuchte zunächst die Frage, ob Fernwirkungen überhaupt existierten und in Betracht gezogen werden müssten. Der Zweifel schien mir zunächst in einem so verwickelten Gebiete der wissenschaftlichen Vorsicht gemäss zu sein und konnte zu entscheidenden Versuchen hinleiten.

Das war der Stand der Frage, als HEINRICH HERTZ nach Beendigung seiner vorgenannten Preisarbeit in die Untersuchung eintrat.

Nach MAXWELLS Auffassung war es wensentlich entscheidend für seine Theorie, ob das Entstehen und Vergehen dielektrischer Polarisation in einem Isolator dieselben elektrodynamischen Wirkungen in der Umgebung hervorbringt, wie ein galvanischer Strom in einem Leiter. Diesen Nachweis zu erbringen erschien mir als eine ausführbare und hinreichend wichtige Arbeit, um sie zum Gegenstand einer der grossen Preisaufgaben der Berliner Academie zu machen.

Wie sich, an diese von den Zeitgenossen vorbereiteten Keime anknüpfend, die Entdeckungen von HERTZ weiter entwickelten, hat er selbst in der Einleitung seines interessanten Buches: Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft so anschaulich und interessant entwickelt, dass kein Anderer dazu etwas wesentliches oder gar besseres hinzufügen könnte. Dieser Bericht ist als eine höchst aufrichtige und eingehende Darstellung einer der wichtigsten und folgenreichsten Entdeckungen von hervorragendem Werte. Leider besitzen wir nicht viel ähnliche Akten über die innere psychologische Geschichte der Wissenschaft, und wir sind dem Verfasser auch dafür den grössten Dank schuldig, dass er uns so tief in das Innere seiner Gedankenwerkstatt und selbst in die Geschichte seiner zeitweiligen Irrtümer hat schauen lassen.

Nur über die Folgen dieser neuen Entdeckungen wäre noch einiges hinzuzufügen.

Die Ansichten, deren Richtigkeit HERTZ später bestätigt hat, waren allerdings, wie oben bemerkt, vor ihm durch FARADAY und MAXWELL als möglich oder selbst als

höchst wahrscheinlich schon aufgestellt, aber die thatsächlichen Beweise ihrer Richtigkeit fehlten noch. Hertz hat nun in der That diese Beweise geliefert. Nur einem ungewöhnlich aufmerksamen Beobachter, der die Tragweite jeder unvermuteten und bis dahin unbeachteten Erscheinung sogleich durchschaut, konnten die höchst unscheinbaren Phänomene auffallen, die ihn auf den richtigen Weg geleitet haben. Es wäre eine hoffnungslose Aufgabe gewesen, schnell wechselnde Ströme mit einer Dauer von Zehntausendteilen oder gar nur Millionenteilen einer Secunde am Galvanometer oder mittels irgend einer anderen damals geübten experimentellen Methode sichtbar zu machen. Denn alle endlichen Kräfte brauchen eine gewisse Zeit zur Hervorbringung endlicher Geschwindigkeiten und zur Verschiebung von Körpern von irgend welchem Gewicht, auch so geringem, wie es die Magnetnadeln unserer Galvanometer zu haben pflegen. Aber elektrische Funken können zwischen den Enden einer Leitung sichtbar werden, wenn auch nur für ein Milliontel Secunde die elektrische Spannung an den Enden einer solchen Leitung hoch genug gesteigert wird, dass der Funke eine winzige Luftschicht durchbrechen kann. Hertz war durch seine früheren Untersuchungen schon wohlbekannt mit der Regelmässigkeit und enormen Geschwindigkeit dieser sehr schnellen Oscillationen der Elektricität, und seine Versuche, auf diesem Wege die flüchtigsten elektrischen Bewegungen zu entdecken und sichtbar zu machen, gelangen ihm verhältnismässig schnell. Er fand sehr bald die Bedingungen, unter denen er die Oscillationen ungeschlossener Leitungen in solcher Regelmässigkeit erzielen konnte, dass er ihre Abhängigkeit von den verschiedensten Nebenumständen ermitteln und dadurch die Gesetze ihres Auftretens und sogar den Wert ihrer Wellenlänge in der Luft und ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit ermitteln konnte. Bei dieser ganzen Untersuchung muss man immer wieder den Scharfsinn seiner Überlegungen und sein experimentelles Geschick bewundern, die sich in der glücklichsten Weise ergänzten.

Hertz hat durch diese Arbeiten der Physik neue Anschauungen natürlicher Vorgänge von dem grösstem Interesse gegeben. Es kann nicht mehr zweifelhaft sein, dass die Lichtschwingungen elektrische Schwingungen in dem den Weltraum füllenden Äther sind, dass dieser selbst die Eigenschaften eines Isolators und eines magnetisierbaren Medium hat. Die elektrischen Oscillationen im Äther bilden eine Zwischenstufe zwischen den verhältnismässig langsamen Bewegungen, welche etwa durch elastisch tönende Schwingungen magnetisierter Stimmgabeln dargestellt werden, und den ungeheuer schnellen Schwingungen des Lichts andererseits; aber es lässt sich nachweisen, dass ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit, ihre Natur als Transversalschwingungen, die damit zusammenhängende Möglichkeit der Polarisationserscheinungen, der Brechung und Reflexion vollständig denselben Verhältnissen entsprechen wie bei dem Lichte und bei den Wärmestrahlen. Nur fehlt den elektrischen Wellen die Fähigkeit das Auge zu afficieren, wie diese auch den dunklen Wärmestrahlen fehlt, deren Schwingungszahl dazu nicht gross genug ist.

Es ist gewiss eine grosse Errungenschaft, die vollständigen Beweise dafür geliefert zu haben, dass das Licht, eine so einflussreiche und so geheimnisvolle Naturkraft, einer zweiten ebenso geheimnisvollen, und vielleicht noch beziehungsreicheren Kraft, der Elektricität, auf das engste verwandt ist. Für die theoretische Wissenschaft ist es vielleicht noch wichtiger, verstehen zu können, wie anscheinende Fernkräfte durch Übertragung der Wirkung von einer Schicht des zwischenliegenden Medium zur nächsten fortgeleitet werden. Freilich bleibt noch das Rätsel der Gravitation stehen, die wir noch nicht folgerichtig anders, denn als eine reine Fernkraft zu erklären wissen.

Heinrich Hertz hat sich durch seine Entdeckungen einen bleibenden Ruhm in der Wissenschaft gesichert. Sein Andenken wird aber nicht nur durch seine Arbeiten fortleben, auch seine liebenswürdigen Charaktereigenschaften, seine sich immer gleichbleibende Bescheidenheit, die freudige Anerkennung fremden Verdienstes, die treue Dankbarkeit, die er seinen Lehrern bewahrte, wird Allen, die ihn kannten, unvergesslich sein. Ihm selbst war es nur um die Wahrheit zu thun, die er mit äusserstem Ernst und mit

aller Anstrengung verfolgte; nie machte sich die geringste Spur von Ruhmsucht oder persönlichem Interesse bei ihm geltend. Auch da, wo er einiges Recht gehabt hätte, Entdeckungen für sich in Anspruch zu nehmen, war er eher geneigt stillschweigend zurückzutreten. Im ganzen still und schweigsam, konnte er doch heiter an fröhlichem Freundeskreise teilnehmen und die Unterhaltung durch manches treffende Wort beleben. Er hat wohl nie einen persönlichen Gegner gehabt, obgleich er gelegentlich über nachlässig gemachte oder renomistisch auftretende Bestrebungen, die sich für Wissenschaft ausgaben, ein scharfes Urteil fällen konnte. Sein äusserer Lebensgang verlief folgendermassen: Im Jahre 1880 trat er als Assistent im Physikalischen Laboratorium der Berliner Universität ein; 1883 veranlasste ihn das preussische Cultusministerium, sich in Kiel mit Aussicht auf baldige Beförderung zu habilitieren. Zu Ostern 1885 wurde er als ordentlicher Professor der Physik an die technische Hochschule zu Karlsruhe berufen. Hier machte er seine hauptsächlichsten Entdeckungen, und hier verheiratete er sich mit Fräulein Elisabeth Doll, der Tochter eines Collegen. Schon nach zwei Jahren erhielt er einen Ruf als Ordinarius der Physik an die Universität Bonn, dem er zu Ostern 1889 folgte.

In den nun folgenden leider so kurzen Jahren seines Lebens brachten ihm seine Zeitgenossen alle äusseren Zeichen der Ehre und Anerkennung entgegen. Im Jahre 1888 wurde ihm die Matteucci-Medaille von der italienischen Gesellschaft der Wissenschaften, 1889 von der Academie des Sciences in Paris der Preis La Caze und von der K. K. Academie zu Wien der Baumgartner-Preis, 1890 die Rumford-Medaille von der Royal Society in London, 1891 der Bressa-Preis von der Königlichen Academie in Turin verliehen.

Die Academien von Berlin, München, Wien, Göttingen, Rom, Turin und Bologna, sowie viele andere gelehrte Gesellschaften wählten ihn zum correspondierenden Mitglied, und die preussische Regierung verlieh ihm den Kronenorden.

Es sollte sich seines steigenden Ruhmes nicht lange erfreuen Eine qualvolle Knochenkrankheit fing an sich zu entwickeln; im November 1892 schon trat das Übel drohend auf. Eine damals ausgeführte Operation schien das Leiden für kurze Zeit zurückzudrängen. Hertz konnte seine Vorlesungen, wenn auch mit grosser Anstrengung, bis zum 7. Dezember 1893 fortsetzen; am 1. Januar 1894 erlöste ihn der Tod von seinen Leiden.

Wie sehr das Nachsinnen von Hertz auf die allgemeinsten Gesichtspunkte der Wissenschaft gerichtet war, zeigt auch wieder das letzte Denkmal seiner irdischen Thätigkeit, das vorliegende Buch über die Principien der Mechanik.

Er hat versucht, darin eine consequent durchgeführte Darstellung eines vollständig in sich zusammenhängenden Systems der Mechanik zu geben und alle einzelnen besonderen Gesetze dieser Wissenschaft aus einem einzigen Grundgesetz abzuleiten, welches logisch genommen natürlich nur als eine plausible Annahme betrachtet werden kann. Er ist dabei zu den ältesten theoretischen Anschauungen zurückgekehrt, die man eben deshalb auch wohl als die einfachsten und natürlichsten ansehen darf, und stellt die Frage, ob diese nicht ausreichen würden, alle die neuerdings abgeleiteten allgemeinen Principien der Mechanik consequent und in strengen Beweisen herleiten zu können, auch wo sie bisher nur als induktive Verallgemeinerungen aufgetreten sind.

Die erste Entwickelung der wissenschaftlichen Mechanik knüpfte sich an die Untersuchungen des Gleichgewichts und der Bewegung fester Körper, die mit einander in unmittelbarer Berührung stehen, wofür die einfachen Maschinen, Hebel, Rollen, schiefe Ebenen, Flaschenzüge die erläuternden Beispiele gaben. Das Gesetz von den virtuellen Geschwindigkeiten ist die ursprünglichste, allgemeine Lösung aller dahin gehörigen Aufgaben. Später entwickelte Galilei die Kenntnis der Trägheit und der Bewegungskraft als einer beschleunigenden Kraft, die freilich von ihm noch dargestellt wird als eine Reihe von Stössen. Erst Newton kam zum Begriff der Fernkraft und ihrer näheren Bestimmung durch das Princip der gleichen Aktion und Reaktion. Es ist bekannt, wie sehr anfangs ihm selbst und seinen Zeitgenossen der Begriff unvermittelter Fernwirkung widerstrebte.

Von da ab entwickelte sich die Mechanik weiter unter Benutzung von Newtons Begriff und Definition der Kraft, und man lernte allmählich auch die Probleme behandeln, in denen sich conservative Fernkräfte mit dem Einfluss fester Verbindungen combinieren, deren allgemeinste Lösung in d'Alemberts Princip gegeben ist. Die allgemeinen principiellen Sätze der Mechanik (Gesetz von der Bewegung des Schwerpunkts, der Flächensatz für rotierende Systeme, das Princip von der Erhaltung der lebendigen Kräfte, das Princip der kleinsten Aktion) haben sich alle entwickelt unter der Voraussetzung von Newtons Attributen der constanten, also auch conservativen Anziehungskräfte zwischen materiellen Punkten und der Existenz fester Verbindungen zwischen denselben. Sie sind ursprünglich nur unter der Annahme solcher gefunden und bewiesen worden. Man hat dann später durch Beobachtung gefunden, dass die so hergeleiteten Sätze eine viel allgemeinere Geltung in der Natur in Anspruch nehmen durften, als aus ihrem Beweise folgte, und hat demnächst gefolgert, dass gewisse allgemeinere Charaktere der Newtonschen conservativen Anziehungskräfte allen Naturkräften zukommen, vermochte aber diese Verallgemeinerung aus einer gemeinsamen Grundlage nicht abzuleiten. Hertz hat sich nun bestrebt, für die Mechanik eine solche Grundanschauung zu finden, welche fähig wäre, eine vollkommene folgerichtige Ableitung aller bisher als allgemeingültig anerkannten Gesetze der mechanischen Vorgänge zu geben, und er hat das mit grossem Scharfsinn und unter einer sehr bewunderungswürdigen Bildung eigentümlich verallgemeinerter kinematischer Begriffe durchgeführt. Als einzigen Ausgangspunkt hat er die Anschauung der ältesten mechanischen Theorien gewählt, nämlich die Vorstellung, dass alle mechanischen Processe so vor sich gehen, als ob alle Verbindungen zwischen den auf einander wirkenden Teilen feste wären. Freilich muss er die Hypothese hinzunehmen, dass es eine grosse Anzahl unwahrnehmbarer Massen und unsichtbarer Bewegungen derselben gebe, um dadurch die Existenz der Kräfte zwischen den nicht in unmittelbarer Berührung mit einander befindlichen Körpern zu erklären. Einzelne Beispiele, die erläutern könnten, wie er sich solche hypothetischen Zwischenglieder dachte, hat er aber leider nicht mehr gegeben, und es wird offenbar noch ein grosses Aufgebot wissenschaftlicher Einbildungskraft dazu gehören, um auch nur die einfachsten Fälle physikalischer Kräfte danach zu erklären. Er scheint hierbei hauptsächlich auf die Zwischenschaltung cyklischer Systeme mit unsichtbaren Bewegungen Hoffnung gesetzt zu haben.

Englische Physiker, wie Lord Kelvin in seiner Theorie der Wirbelatome, und Maxwell in seiner Annahme eines Systems von Zellen mit rotierendem Inhalt, die er seinem Versuch einer mechanischen Erklärung der elektromagnetischen Vorgänge zu Grunde gelegt hat, haben sich offenbar durch ähnliche Erklärungen besser befriedigt gefühlt, als durch die blosse allgemeinste Darstellung der Thatsachen und ihrer Gesetze, wie sie durch die Systeme der Differentialgleichungen der Physik gegeben wird. Ich muss gestehen, dass ich selbst bisher an dieser letzteren Art der Darstellung festgehalten, und mich dadurch am besten gesichert fühlte; doch möchte ich gegen den Weg, den so hervorragende Physiker, wie die drei genannten, eingeschlagen haben, keine principiellen Einwendungen erheben.

Freilich werden noch grosse Schwierigkeiten zu überwinden sein bei dem Bestreben, aus den von Hertz entwickelten Grundlagen Erklärungen für die einzelnen Abschnitte der Physik zu geben. Im ganzen Zusammenhange aber ist die Darstellung der Grundgesetze der Mechanik von Hertz ein Buch, welches im höchsten Grade jeden Leser interessieren muss, der an einem folgerichtigen System der Dynamik, dargelegt in höchst vollendeter und geistreicher mathematischer Fassung, Freude hat. Möglicherweise wird dieses Buch in der Zukunft noch von hohem heuristischen Wert sein als Leitfaden zur Entdeckung neuer allgemeiner Charaktere der Naturkräfte.

August Kundt †.

In August Kundt ist nicht nur der Wissenschaft ein hervorragender Forscher und Lehrer, sondern zugleich auch dem Unterricht ein warmer Freund und eifriger Förderer entrissen worden. Unvergessen werden bei allen Teilnehmern die Vorlesungen sein, die er in den Osterferien 1891 gelegentlich der damaligen naturwissenschaftlichen Ferienkurse in Berlin vor mehr als hundert Zuhörern gehalten hat, unvergessen die nachahmenswerte Klarheit und Anschaulichkeit seines Vortrages, wie die unnachahmliche, mit sich fortreissende Lebendigkeit und Frische seines Wesens. Es war eine Lust von ihm zu lernen, er erschien allen, die ihn hörten, als ein wahrhafter praeceptor praeceptorum. In drei Vorträgen behandelte er damals die Erscheinungen der Polarisation und Doppelbrechung und in zwei Vorlesungen die Condensation der Gase, im besonderen den kritischen Punkt mit objektiver Demonstration des Verhaltens der Kohlensäure.

Auch dem Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin hat er, erst als Mitglied, dann als Ehrenmitglied angehört und zu wiederholten Malen wertvolle und stets willkommene Mitteilungen aus dem reichen Schatze seiner Erfahrungen gespendet. Es waren Festabende, diese Kundt-Abende, zu denen die Fachgenossen aus ganz Berlin sich drängten. Wir erinnern hier an die Vorführung der Hertzschen Versuche mit den reichen experimentellen Hülfsmitteln des physikalischen Instituts, ferner an seinen Vortrag über die Doppelbrechung der Flüssigkeiten und an die Darlegung der Art, wie er den Potentialbegriff in seinen Vorlesungen einzuführen pflegte; des hierbei benutzten Versuchs über die Abnahme des von einer Leydener Batterie erzeugten Potentials längs eines Holzstabes ist auch in dieser Zeitschrift (vgl. *V 184*) mehrfach gedacht worden. —

Kundt ist noch nicht 55 Jahre alt geworden. Er war in Schwerin in Mecklenburg geboren und zeigte schon früh eine Vorliebe für das Construieren von Apparaten und für physikalische Versuche. Im Laboratorium von Magnus in Berlin bildete er sich zu dem bewundernswürdigen Experimentator aus, der die Wissenschaft um zahlreiche wichtige Funde bereichern sollte. Seine ersten Arbeiten bezogen sich auf die Untersuchung planparalleler Platten, auf Depolarisation und auf die Doppelbrechung des Lichtes in tönenden Stäben. An die letzte von diesen schloss sich die Untersuchung, die Kundts Namen am meisten bekannt gemacht hat: Über eine Art akustischer Staubfiguren und über die Anwendung derselben zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in festen Körpern und Gasen (Pogg. Ann. 1866). Die von Kundt ersonnene Versuchsanordnung hat bekanntlich fast allgemein in den Schulunterricht Aufnahme gefunden. Es folgten dann verschiedene andere Arbeiten akustischen Inhalts und die weitere Ausbildung der Methoden zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit (Pogg. Ann. 1868). Bei diesen Untersuchungen kam u. a. auch, zur Beobachtung der Druckschwankungen der Luft in einer Pfeife, das sinnreiche Ventilmanometer zur Anwendung, das in einer vereinfachten, von Szymanski herrührenden Form ebenfalls in den Schulunterricht übergegangen ist. Im Jahre 1868 nach Zürich berufen, wo er namentlich die ersten Versuche über Schwingungen von Luftplatten anstellte, erhielt Kundt bereits 1870 einen Ruf nach Würzburg und wandte sich dort anderen Gebieten der Physik, namentlich der Optik zu. Vor allem machte er jetzt seine wichtige Entdeckung über die anomale Dispersion bei Lösungen von Körpern, die im festen Zustande Oberflächenfarben zeigen. Als nach dem grossen Kriege die Universität Strassburg wiedererrichtet wurde, war er berufen, an dieser Erneuerung mitzuarbeiten. Nach seinen Angaben wurde das dortige physikalische Institut geschaffen, wo in der Folge von ihm eine ganze Generation von Physikern in die Kunst des Experimentierens und planmässigen Forschens eingeführt worden ist. Von seinen eigenen Arbeiten aus dieser Zeit ist besonders hervorzuheben die mit Warburg gemeinsam vorgenommene Ermittelung des Verhältnisses der beiden Wärmecapacitäten beim Quecksilberdampf, zugleich die glänzende Bestätigung einer Consequenz der kinetischen Gastheorie; ferner die mit Röntgen ausgeführte über die elektromagnetische Drehung der Polarisationsebene in Gasen, an die

sich, angeregt durch das KERRsche Phänomen, später eine weitere über die Drehung der Polarisationsebene in magnetisierbaren Metallen anschloss. Im Jahre 1888 folgte KUNDT dem Rufe auf den Lehrstuhl von H. VON HELMHOLTZ nach Berlin. Hier kam noch die Aufsehen erregende Bestimmung der Brechungsexponenten der Metalle zum Abschluss. Doch trat nach wenigen Jahren angestrengtester und vielseitigster Berufsthätigkeit ein Herzleiden auf, dem der Unermüdliche endlich erlag. Am 21. Mai d. J. ist er zu Israelsdorf bei Lübeck aus dem Leben geschieden.

KUNDT war ein fast ausschliesslich experimenteller Physiker, aber nicht in dem Sinne eines Gegensatzes zur theoretischen Forschung. Er wusste sich im Gegenteil mit feinem Verständnis der Grundlagen und der Resultate der Theorie zu bemächtigen und sie sich in der Weise eines FARADAY zu anschaulichen Vorstellungen umzubilden. So sind einige seiner wertvollsten Arbeiten in engem Zusammenhange mit der MAXWELLschen Theorie der Elektricität ersonnen und ausgeführt. Auf experimentellem Gebiete aber besass er eine bewundernswerte Erfindungskraft und eine nicht minder erstaunliche Energie, die vor keinen noch so grossen Schwierigkeiten zurückschreckte, und der es gelang, selbst dem widerstrebendsten Stoffe noch glänzende Resultate abzuzwingen[1]. *P.*

Physikalische Aufgaben.

1. Was für eine Bewegung tritt bei der beweglichen Rolle auf, im Falle dass Gleichgewicht nicht besteht?

Antwort: Wir setzen voraus, dass das gewichtslose Seil durch die an der festen Rolle wirkende Kraft P horizontal gespannt sei; auf die Mitte desselben bringen wir vermittels der beweglichen Rolle vom Radius R die Last Q. Da bei dieser Lage Q das Übergewicht hat, so wird sich Q nach abwärts, P nach aufwärts bewegen. Schliesst dann bei einer bestimmten Position des Systems die momentane Seilrichtung mit der Horizontalen den Winkel α ein, so hält die Kraft P jenem Teile der Last Q das Gleichgewicht, der sich aus der Proportion $P : Q' = R : 2R \sin\alpha$ oder $Q' = 2P \sin\alpha$ ergiebt, und es verbleibt noch ein Zug $Q - Q' = Q - 2P \sin\alpha$ im Sinne von Q, welcher der Masse $(P + Q)/g$ — die Masse der Rollen wird vernachlässigt — die Beschleunigung

$$1)\ \gamma = \frac{Qg}{Q+P} - \frac{2Pg\sin\alpha}{Q+P}$$

erteilt. Diese Formel lehrt, dass, wenn Q gegenüber P sehr gross ist, sodass der Subtrahend des rechten Teiles von (1) vernachlässigt werden kann, die Beschleunigung eine constante, die Bewegung somit eine gleichmässig beschleunigte ist; ist hingegen P nicht so klein, sodass also auch der Subtrahend berücksichtigt werden muss, so wollen wir folgende Fälle unterscheiden. a) $Q > 2P$. Die Beschleunigung nimmt mit wachsendem Winkel ab, die Bewegung ist somit eine ungleichmässig beschleunigte, kann jedoch nach einiger Zeit, wenn α sich einem rechten Winkel nähert, weil dann $\sin\alpha$ nahezu constant ist, als eine gleichmässig beschleunigte angesehen werden. b) $Q = 2P$. Der allgemeine Charakter der Bewegung ist derselbe, wie im Falle a. c) $Q < 2P$. In diesem Falle zeigt die Gleichung (1), dass für einen Winkel α_0, der sich aus der Gleichung $\sin\alpha_0 = Q/2P$ ergiebt, die Beschleunigung 0 ist; für kleinere Winkel α ist sie positiv, nimmt aber mit zunehmendem Winkel ab, für Winkel, welche grösser als α_0 sind, wird sie negativ, nimmt aber der absoluten Grösse nach mit zunehmendem Winkel zu.

Daher folgt: Im Anfange ist die Bewegung eine ungleichmässig beschleunigte bis

---

[1]) Genaueres über die Persönlichkeit und die wissenschaftlichen Leistungen KUNDTS findet man in der pietätvollen Gedächtnisrede, die Herr W. v. BEZOLD in der physikalischen Gesellschaft zu Berlin auf den Verstorbenen gehalten hat, und die bei Joh. Ambr. Barth (Arthur Meiner) in Leipzig erschienen ist.

zu dem Momente, wo die Kraft der Last das Gleichgewicht zu halten imstande ist. Allein da das System in dieser Lage mit einer gewissen Geschwindigkeit angelangt ist, so muss es seine Bewegung in der bisherigen Richtung fortsetzen; aber da jetzt P in der Übermacht ist, so wird die Bewegung ungleichmässig verzögert, und es muss ein Zeitpunkt eintreten, in dem die bis zur Gleichgewichtslage gewonnene lebendige Kraft vernichtet ist, die Bewegung also aufhört. Da aber P durch sein Übergewicht weiter wirkt, so muss das System eine seiner früheren entgegengesetzt gerichtete Bewegung erhalten: Gelangt dabei das System vor erreichter Gleichgewichtslage in eine der früheren Positionen, so erhält es an dieser Stelle eine ebenso grosse aufwärts gerichtete Beschleunigung, als bei der vorher abwärts gerichteten Bewegung die Verzögerung an dieser Stelle betrug, folglich muss es in die Gleichgewichtslage mit derselben aber aufwärts gerichteten Geschwindigkeit kommen, mit welcher es vorher nach abwärts die Gleichgewichtslage passierte. Von jetzt an wird die Bewegung, weil Q das Übergewicht besitzt, eine ungleichmässig verzögerte und weil bei der vorher abwärts gehenden Bewegung die veränderliche Kraft dem System bis zur Gleichgewichtslage eine gewisse Geschwindigkeit zu erteilen vermochte, so wird die jetzt in verkehrter Reihenfolge veränderliche, an derselben Stelle ebenso stark wie früher wirksame Kraft diese Geschwindigkeit vernichtet haben, wenn das Seil wiederum horizontal ist. Von da ab wiederholt sich das Spiel. Es entsteht als eine periodisch wiederkehrende Bewegung nach Art eines schwingenden Punktes einer elastischen Punktreihe, aber von der einfachen Schwingung durch das Gesetz, nach welchem die wirksame Kraft sich ändert, verschieden, demzufolge die Abstände der Umkehrpunkte der Bewegungsrichtungen von der Gleichgewichtslage verschieden sind.

Nimmt man an, dass die Länge der Tangente aus dem Befestigungspunkte des Seiles bis zum Berührungspunkte an der festen Rolle vom Radius r gleich a sei, so ist der Winkel α an die Entfernung x des tiefsten Punktes der beweglichen Rolle von der durch den Befestigungspunkt des Seiles gehenden Horizontalebene geknüpft durch die Gleichung $2x\cos\alpha + (2R+r)(1-\cos\alpha) = a\sin\alpha$, woraus, wenn $2R+r=b$ gesetzt wird,

$$\sin\alpha = \frac{ab + (2x-b)\sqrt{a^2-b^2+(2x-b)^2}}{a^2+(2x-b)^2}$$

folgt. Für die Geschwindigkeit v im Abstande x erhält man

$$v^2 = \frac{2Qg}{Q+P}x - \frac{2Pg}{Q+P}\left[\sqrt{a^2-b^2+(2x-b)^2} - a + 2b\arctan\frac{\sqrt{a^2-b^2+(2x-b)^2}-a}{2(x-b)}\right].$$

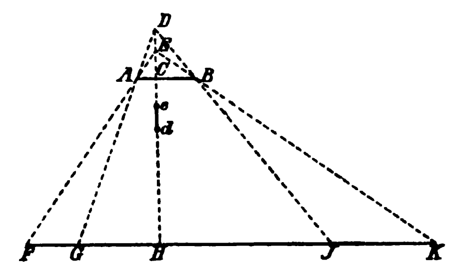
$x = o$ liefert $v = o$. Um für einen bestimmten Fall den Abstand des zweiten Umkehrpunktes von der Horizontalebene zu finden, setzte ich, $\sin\alpha_o = 0{,}96$, $a = 10$, $b = 3$; hierdurch wird das x des zweiten Umkehrpunktes zu 102,07334 gefunden, während das der Gleichgewichtslage 13,28571 ist.

Ist die Anfangslage des Systems nicht die hier supponierte, so kann man nach dem Vorigen leicht den Erfolg bestimmen. *Hugo Schwendenwein, Teschen.*

---

2. Wie kann man mittels des optischen Feldes eines Spiegels geradlinige Verschiebungen bestimmen?

Antwort: Man nennt optisches Feld eines Spiegels den Raum, in welchem man das Bild eines vor ihm befindlichen Gegenstandes sehen kann. Für den Spiegel AB wird das optische Feld in Bezug auf den Punkt e durch die Strahlen EF und EK bestimmt, die von dem Bilde E des Punktes e ausgehen und den Rand des Spiegels berühren. Für eine andere Lage d des Punktes wird das optische Feld von DG und DF begrenzt werden und von dem ersteren verschieden sein. Einer Änderung der Lage des Punktes e entspricht eine Änderung der Grösse des optischen Feldes. Es wird daher möglich sein die erste Grösse



durch Beobachtung der zweiten zu bestimmen, also die kleine Verschiebung de durch Messung der grösseren Strecken FK und GJ mit grosser Genauigkeit zu ermitteln. Für den Fall, dass de zur Spiegelfläche normal steht, ist

$$EC:CH = AB:(FK-AB) \qquad DC:CH = AB:(GJ-AB)$$

$$de = CH.AB.\frac{FK-GJ}{(FK-AB)\ (GF-AB)}.$$

In dem Falle, dass die Verschiebung schräg zum Spiegel verläuft, wird die normale Componente nach dieser Formel berechnet, die parallele durch Beobachtung bestimmt und aus beiden die thatsächliche Verschiebung ermittelt.

Die Beobachtung ist sehr einfach. Auf einen beliebigen Spiegel klebe man in lotrechter Richtung zwei gerade Papierstreifen, um so einen kleinen Spiegel AB mit parallelen Rändern zu erhalten. Vor dem Spiegel stelle man in e eine Nadel auf. Mittels eines Ablesefernrohrs, welches ungefähr 2 m vom Spiegel entfernt ist und längs eines Maassstabes parallel zum Spiegel verschiebbar ist, bestimme man die Punkte F und K, d. h. man verschiebe das Fernrohr von links nach rechts bis das Bild der Nadel erst mit dem linken und dann mit dem rechten Rande des Spiegels zusammenfällt. Man verschiebe dann die Nadel nach d und wiederhole die Beobachtungen. Nach der obigen Formel kann man dann die Verschiebungen normal zum Spiegel berechnen. Die Verschiebung parallel dem Spiegel erhält man, indem man für die Stellungen der Nadel in e und in d das Fernrohr so einstellt, dass die Nadel und ihr Spiegelbild zusammenfallen. Dies Verfahren hat vor der Gaussischen Spiegelablesung den Vorzug, dass keine feste Verbindung zwischen dem sich bewegenden Gegenstand und dem Spiegel erforderlich ist.

G. G. Longinescu, Berlin.

Denkaufgaben.

3. Eine Leydener Flasche von der Capacität C und dem Potential V (also von der Energie $\frac{1}{2} CV^2$) wird durch ein Riesssches Luftthermometer mit einer Franklinschen Tafel von gleicher Capacität in Verbindung gesetzt, deren eine Belegung isoliert abhebbar ist. Hierbei wird die Energie $\frac{1}{4} CV^2$ in Wärme umgesetzt, während je $\frac{1}{8} CV^2$ in der Flasche und in der Tafel zurückbleibt. Wird derselbe Versuch in der Weise wiederholt, dass man die Tafel erst nach Herstellung der leitenden Verbindung zusammenlegt, so giebt das Luftthermometer keine Anzeige, während das Endresultat in Bezug auf die elektrische Energie dasselbe ist. Wo ist die Energie $\frac{1}{4} CV^2$ hingeraten?[1])

Antwort: Zu Anfang des ersten Versuches ist das Potential zu beiden Seiten des Luftthermometers verschieden (Flaschenpotential — Tafelpotential); damit es beiderseits gleich werde, muss ein Teil der Flaschenladung durch den Draht zur Tafel übergehen. Beim zweiten Versuche ist anfangs das Potential auf beiden Seiten gleich; bei Annäherung der beweglich gedachten Belegung nimmt die Capacität der Tafel allmählich zu und es muss, damit das Potential gleich bleibe, Ladung von der Flasche zur Tafel gehen.

Der Durchgang der Ladung durch den Draht erfolgt nun im ersten Falle in verschwindend kurzer Zeit (im Moment der Schliessung des Stromweges), also bei sehr grossem Gefälle; die Stromenergie, welche im Drahte in Form von Wärme auftritt, ist so bedeutend, dass sie am Luftthermometer sich bemerkbar machen kann.

Im zweiten Falle fliesst die gleiche Ladung innerhalb längerer Zeit (solange nämlich, als die bewegliche Belegung zum Herankommen an die andere Belegung braucht) beständig bei verschwindend kleinem Gefälle durch den Draht; die Stromenergie ist ihres verschwindenden Betrages wegen als Wärme am Luftthermometer diesmal nicht nachweisbar. Hingegen weist die Bewegungsenergie der einen Belegung eine beständige Zunahme infolge der elektrischen Anziehung zwischen den entgegengesetzten Ladungen beider Belegungen auf: Da die Anziehung bei der Annäherung der Belegung wächst, erfährt ja letztere eine fortwährende Beschleunigung.

---

[1]) Diese Aufgabe wurde in dieser Zeitschr. *I 211 No. 5* von Herrn Prof. E. Mach gestellt.

Die durch die elektrischen Kräfte an der beweglichen Belegung der Franklinschen Tafel erzeugte Bewegungsenergie ist nun das Äquivalent für die im ersten Falle zutage getretene, im zweiten Falle vermisste Wärme.

Bei einem wirklichen Versuche wird man die Belegung nicht beschleunigt an die andere heraneilen lassen, sondern durch die Muskelkraft des Armes der beschleunigenden Kraft entgegenwirken. Die Stromenergie wird dann in Form von mechanischer Arbeit — Arbeit gegen den Zug der Hand — auftreten. Zu Messzwecken könnte die Hand durch eine mechanische Vorrichtung ersetzt werden, bei welcher gegen die Schwerkraft oder gegen die elastische Kraft einer Spiralfeder seitens der elektrischen Kräfte Arbeit zu leisten wäre.

E. Maiss, Wien.

Will man auf die näheren Vorgänge bei dem der Frage zugrunde gelegten Versuche nicht eingehen, so lässt sich in sehr durchsichtiger Weise nach E. Mach die Antwort so geben: B sei die feste, A die obere bewegliche Belegung der Franklinschen Tafel. A ist durch das Gewicht P an der wellradartigen Vorrichtung W samt der elektrischen Anziehung in jeder Lage äquilibriert. Dann sieht man, dass ein umkehrbarer Vorgang vorliegt, der in unendlich langer Zeit abläuft, weshalb die Stromwärme Null wird. Sinkt A, so nimmt die Energie der Flasche um den Betrag der auf P aufgewandten Arbeit ab. Bei Erhebung von A findet das Umgekehrte statt.

4. Wird ein Kochkolben mit Wasser, der vollkommen durchsichtig ist, über eine Flamme gestellt, so beobachtet man einen Beschlag (Tau), welcher bei weiterer Erwärmung wieder verschwindet. Wie erklärt sich diese Erscheinung?

Anleitung: Entwicklung von Wasser in der Flamme. *E. Maiss, Wien.*

Kleine Mitteilungen.

Ueber eine einfache Art der Tangentenbussole und deren Anwendung zur Ableitung des Ampèreschen Gesetzes.

Von **Friedrich C. G. Müller** in Brandenburg a. H.

Ein Zeichenbrett von 50 cm Breite wird in der aus Figur 1 ersichtlichen Weise mit Holzfüssen versehen. Auf seiner Vorderfläche sind concentrische Kreise mit den Radien 20, 15, 10 cm gezeichnet und eine ausreichende Zahl von kurzen bleistiftdicken Pflöcken so eingesetzt, dass ein um dieselben gelegter dünner Draht die Kreislinien deckt. Fig. 1 zeigt nur den äussersten Kreis mit Pflöcken besetzt. In der Mitte hat das Brett eine rechteckige Öffnung und kleine Consolen davor zum Daraufstellen einer Bussole mit kurzer Nadel der bekannten Einrichtung. Das Ganze kann mittels einer langen Magnetnadel, die man auf eine an der oberen Brettkante eingetriebene Nähnadelspitze setzt, leicht in den magnetischen Meridian gebracht werden.

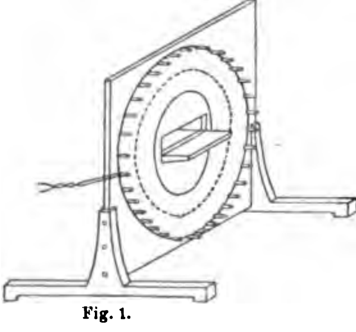


Fig. 1.

Der Stromkreis wird auf einem gut übersponnenen 0,5 — 0,8 mm starken Kupferdraht von 3 m Länge gebildet, den man 1,2 oder mehrere Male um einen der Pflockkränze legt und dicht an das Brett drückt. Das ein- und das austretende Ende schlingt man zur Befestigung einige Male um den betreffenden Pflock. Dieser Draht ist ein für alle Mal mit einem zuleitenden Doppeldraht von mindestens 1 m Länge verbunden. Als Stromquelle dient ein stationäres Bunsen- oder Daniell-Element. Da der Strom bei allen Versuchen durch diese nämliche Leitung geschlossen ist, wird seine Stärke auch die nämliche sein.

Man führt nun den Strom zuerst um den äusseren Kreis und zwar in einer, dann

in zwei Windungen. Die Beobachtung der Nadel zeigt, dass sich die Tangenten der Ausschläge wie 1 : 2 verhalten. Demnach ist die Grösse der Fernkraft der Länge des Stroms proportional. Gleichzeitig aber ist klar, dass sie auch der Stromstärke proportional ist, da sich nichts ändern wird, wenn die nämliche Elektricitätsmenge statt durch den Querschnitt der beiden neben einander liegenden Drähte, durch einen einzigen geht.

Nunmehr wird der Draht in einer Windung um den Pflockkranz vom halben Radius gelegt. Die Nadel zeigt denselben Ausschlag wie vorher bei 2 Windungen mit doppeltem Radius. Die Wirkung ist also dem Radius umgekehrt proportional, woraus sich das Grundgesetz der Fernwirkung sofort ergiebt. Weiter gelangt man leicht zu der bekannten Formel

$$I = 5 H r \operatorname{tang} \varphi / \pi,$$

welche die Stromstärke in Ampères ergiebt.

Die Versuche sind in wenigen Minuten auszuführen und liefern sehr gut stimmende Zahlen. Die Nadelstellungen lässt man am besten von einem Schüler bis auf Zehntelgrade ablesen.

Um eine Verrückung des Apparats und eine wiederholte Einstellung in den magnetischen Meridian zu vermeiden, befestige ich ihn mit dünnen durch die Füsse getriebenen Stiften auf dem Experimentiertische.

Es braucht kaum gesagt zu werden, dass die Versuche noch mannigfach abgeändert werden können. Eine besonders lehrreiche Übungsaufgabe bietet die Frage, nach welchem Gesetze die ablenkende Kraft abnimmt, wenn man die Nadelmitte auf der Ringaxe verschiebt. Mit Hilfe beistehender Figur erkennt man, dass die Wirkung des Stromteilchens D auf ein magnetisches Teilchen A nicht bloss infolge der grösseren Entfernung, sondern ausserdem noch wegen des schrägen Angriffs im Verhältnis $AC : AB$ d. i. $DE : AD$ verringert wird. Ist nun r der Ringhalbmesser und setzen wir $AE = nr$, dann ist die Kraft auf ein magnetisches Teilchen in A, wenn mit k_1 diejenige im Ringcentrum bezeichnet wird,

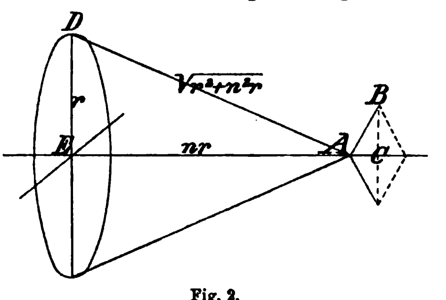


Fig. 2.

$$k = k_1 \frac{r^2}{r^2 + n^2 r^2} \cdot \frac{r}{\sqrt{r^2 + n^2 r^2}}$$

$$k = k_1 \frac{1}{\sqrt{(1 + n^2)^3}}.$$

Für den bestimmten Fall, dass $n = 1$, die Bussole also um den Ringhalbmesser seitwärts verschoben ist, muss der Tangens des Ausschlags $\sqrt{8}$ mal kleiner sein, was der Versuch gut bestätigt.

Wenn n eine grössere Zahl ist, kann der Addend 1 in der Formel vernachlässigt werden und sie geht dann über in $k = k_1 / n^3$. Das in dieser Gleichung steckende Gesetz lässt sich mit einer engen Magnetisierungsspirale von beträchtlicher Windungszahl nachweisen, ganz wie bei der Fernwirkung eines Magnetstabes aus der ersten Hauptlage.

Es ist schliesslich noch sehr förderlich hieran die folgende Aufgabe aus der Beleuchtungslehre zu schliessen. Im Abstande a von einer Ebene befinde sich ein leuchtender Punkt. Nach welchem Gesetz nimmt die Beleuchtungsstärke in dem Abstande na vom Fusspunkte des Lotes ab? Eine ganz gleiche Entwicklung führt zu der vorhin gefundenen Formel.

Wirkung zweier magnetischer Felder auf einander.

Von **W. Weiler** in Esslingen.

Ein stromdurchflossener Leiter wird von magnetischen Wirbeln umgeben, die ihn in einer Richtung umkreisen, welche der Uhrzeigerbewegung entgegengesetzt ist, wenn der positive Strom von unten nach oben senkrecht zur Papierebene fliesst

(Fig. 1). Siebt man feine Eisenfeilspäne auf den Carton, durch den der Leiter senkrecht gesteckt ist, so ordnet sich die Eisenfeile in concentrischen Kreisen um den Leiter. Bewegt man nun unter dem Carton einen sehr kräftigen Stahlmagneten oder Elektromagneten gegen den Leiter, so findet eine gegenseitige Wirkung beider magnetischer Felder auf einander statt; einerseits summieren und verdichten sich die Kraftlinien um den Leiter, andererseits differencieren sie sich und schwächen einander, weil sie hier entgegengesetzte Richtungen besitzen (Fig. 1 und 2). Vielfach muss man bei diesem Versuch auf den Carton klopfen, um die Linien hervorzurufen; die Curven treten daher selten rein hervor.

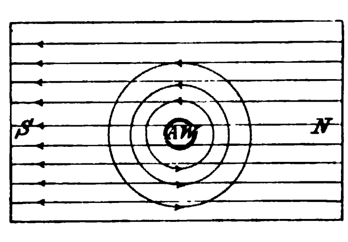


Fig. 1.

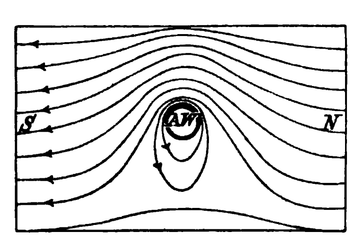


Fig. 2.

Sicherer und schöner stellt sich der Versuch dar, wenn man den Leiter durch die Mitte des Bodens eines niederen Glasgefässes führt, dieses etwa 5 mm hoch mit Glycerin füllt und auf dieses feine Eisenfeile in sehr dünner Schichte siebt. Zuerst lässt man durch den elektrischen Strom (Verfasser benutzte den der Lichtleitung) die Kreiswellen bilden und nähert dann den Magneten; besser noch wird man beide Felder einzeln bilden und hierauf erst das zusammengesetzte. Die auf dem Glycerin schwimmenden Eisenteilchen bilden sehr zarte Linien, die sich aber bei schwachen Magneten nur allmählich ausbilden.

Das Loch wurde auf der Drehbank durch den dicken Glasboden mittels einer dreikantigen Nadelfeile unter Benetzen mit einer Lösung von Campher in Terpentinöl gebohrt; die Feile wurde, so oft sie stumpf wurde, stets etwas unregelmässig abgebrochen, so dass eine scharfe Spitze entstand. Der $1^1/_2$ mm dicke Kupferdraht wurde mit Wachs in den Boden eingekittet, so dass er nach oben und unten etwa 15 cm lang ist. Das Glasgefäss wird auf ein dünnes Brett gestellt, das auf drei Holzfüssen steht; dazwischen bringt man ein Blatt weisses Papier, damit die Feilcurven leichter sichtbar werden.

Ist der Leiter beweglich, wie in einer elektrischen Maschine, so muss er sich infolge der gegenseitigen Druckwirkung beider Felder nach dem schwächeren Felde hin zu bewegen suchen; wird er aber bewegt, so erfordert dies einen Arbeitsaufwand.

Obiger Versuch stellt den Vorgang sowohl in einem elektrischen Motor als in einem elektrischen Generator dar. Der Motor leistet Arbeit, da die Drähte seines Ankers stets aus dem dichteren Felde nach dem schwächeren sich zu bewegen streben, aber der Generator verzehrt Arbeit, da die Drähte seines Ankers stets durch das dichtere Feld gepresst werden.

S. Thompson giebt in seinen *„Dynamoelektrischen Maschinen“ (deutsch von Grawinkel)* folgende Berechnung des magnetischen Druckes und Zuges auf die Ankerleiter.

In einer Maschine von Edison-Hopkinson ist der im Anker erzeugte Strom $J_a = 326$ A, die Spannung $E = 108{,}5$ V, die Zahl der Ankerdrähte beträgt 80, die Länge derselben längs der Welle = 50,8 cm, der Radius des Ankers von Draht zu Draht = 0,14 m und die Tourenzahl = 750. Nimmt man den Bogen, den ein Polschuh umfasst, zu 130°, so umfassen beide Polschuhe 260°, und man erhält wirksame Ankerleiter 80 . 260°/360° = 58. Eine Pferdekraft wird zu 75 kgm in der Secunde angenommen, sie beträgt also in einer Minute 75 . 60 = 4500 kgm.

Die Leistung der Maschine ist gleich 326 . 108,5 V-A und, da eine Pferdekraft = 736 V-A, in Pferdekräften = 326 . 108,5/736 = 47,9. Der Radius ist = 0,14 m, daher der Umfang des Ankers = 2 . 0,14 . 3,14 = 0,88 m; bei 750 Touren in der Minute ist somit die Umlaufsgeschwindigkeit = 0,88 . 750 = 660 m. Für 1 m Umlauf und 1 Leiter beträgt, da nur 58 Leiter thätig sind, der magnetische Druck (47,9 . 4500):(660 . 58) = 5,63 kg*.

Der Zug auf einen Leiter von l cm Länge, der sich in einem magnetischen Felde $\mathfrak{H}$ mit der Stromstärke i befindet, beträgt $(il\mathfrak{H}) : 10$ Dyn $= (il\mathfrak{H}) : (10 . 981 . 1000)$ kg*, da 1 g* = 981 Dyn, 1 kg* = 981 . 1000 Dyn und i in C. G. S. d. h. 10mal so viel als in A gemessen.'

Setzt man in letztere Gleichung den Zug auf einen Leiter = 5,63 kg* ein und berücksichtigt, dass der Strom in jedem Leiter wegen der Parallelschaltung der entgegengesetzten Spulen der zweipoligen Maschine nur halb so gross ist als der Gesamtstrom, also $J_a = 326 : 2 = 163$ A, so erhält man: $5{,}63 = (163 . 50{,}8 . \mathfrak{H}) : (981000 . 10)$; woraus sich annähernd die Induktion $\mathfrak{H}$ auf 1 cm² im Zwischenraum zwischen Poleisen und Ankereisen berechnen lässt.

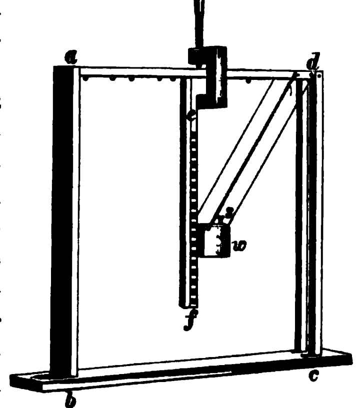
Ob man den Leiter in das magnetische Feld hineinbewegt wie beim Generator, oder ob der Leiter sich aus demselben Felde herausbewegt, muss im ersten Falle dieselbe Kraft erfordern, welche im zweiten Falle der Leiter abgiebt; es ist also ein Irrtum zu glauben, dass „gewisse Unterschiede zwischen elektrischen Generatoren und Motoren", nämlich dass „bei derselben Felderregung, Ankerstromstärke und Umdrehungszahl die elektromotorische Gegenkraft höher ist als die E. M. K. des Generators, davon herrühren, weil der Anker einmal nach rechts herumgeführt wird und ein anderes Mal sich nach links dreht". Weiteres hierüber: *E. T. Z. XV 79 u. 80, 1894.*

Bemerkung: Hält man den Magneten an den Rand des Glasgefässes an verschiedene, passend gewählte Stellen, so lassen sich die magnetischen Kraftlinien (Induktionslinien) darstellen, welche im Anker einer Vielpolmaschine erzeugt werden.

Über eine einfache Bestimmung der Maximalgeschwindigkeit eines Pendels.

Von **F. Niemöller** in Osnabrück.

Ein einfaches Verfahren zur Bestimmung der Maximalgeschwindigkeit eines Pendels würde sich ergeben, wenn man die Kugel eines Fadenpendels in dem Augenblicke, wo sie ihre tiefste Lage erreicht hat, von dem Faden loslösen könnte; die Kugel würde dann eine einfache Wurflinie beschreiben, und es wäre leicht, aus der Wurfhöhe die Fallzeit der Kugel und aus der gefundenen Fallzeit und der Wurfweite die gesuchte Geschwindigkeit zu berechnen. Der Versuch lässt sich in der angedeuteten Weise ausführen, wenn man ein Pendel, bestehend aus Coconfaden und Bleikügelchen, benutzt und den Faden beim Durchgang durch die Gleichgewichtslage durchbrennt, etwa vermittelst eines Drahtes, welcher durch eine Bunsenflamme glühend erhalten wird. Der gefundene Wert der Maximalgeschwindigkeit zeigt, dass das Durchbrennen momentan erfolgt. Für den Unterricht ist der Versuch nicht geeignet, weil jeder Wiederholungsversuch die Abmessung eines neuen Coconfadens erforderlich macht.



Recht bequem dagegen lässt sich das Experiment mit einem auch sonst vielfach verwendbaren Gestell ausführen, dessen Einrichtung durch nebenstehende Figur erläutert wird. *abcd* ist ein kräftiger rechteckiger Rahmen von 1 m Länge und Höhe, dessen Fussbrett auf dem Experimentiertisch festgeschraubt wird. Die seitliche Stütze *cd* ist mit einem etwa 5 cm breiten Längsschlitz versehen. Als Pendel benutzt man ein Klotzpendel, der Würfel *w* besteht aus Eichenholz und hat 10 cm Kantenlänge, die vier parallelen je 60 cm langen Fäden sind an der oberen Querleiste *ad* dieses Rahmens befestigt. Beträgt die Breite der Leiste 10 cm, so kann man die Haken für die Fäden auf den Aussenseiten der Leiste einschrauben. Wenn das Pendel frei herunterhängt, so muss der

Würfel mit seiner vorderen Fläche die seitliche Stütze *cd* berühren. Die Abmessung der Hubhöhe des Pendels geschieht mit Hülfe eines mit rechtwinkligem Ansatz versehenen Maassstabes *ef* von etwa 6 cm Breite und 3 cm Dicke, welcher an der oberen Leiste mit einer Schraubzwinge befestigt wird.

Für das Gelingen des Versuchs ist es wesentlich, dass das Pendel genau in der Ebene des Rahmens schwingt und dass die einzelnen Punkte der vorderen Würfelfläche möglichst gleichzeitig die Stütze *cd* treffen. Hält man den Würfel, nachdem er an den Maassstab gelegt ist, mit zwei Fingern fest und umfasst mit diesen zugleich den Maassstab, wobei letzterer als Stütze für die Hand dient, so gelingt es nach einigen Vorversuchen mit Sicherheit, dem Würfel die gewünschte Bewegung zu erteilen.

Auf der oberen Fläche des Würfels sind nahe am vorderen Rande drei Stifte *s* angebracht, die einen kleinen nach dem Rande zu offenen Raum umgrenzen, in welchen eine Messingkugel von etwa $1^1/_2$ cm Durchmesser gelegt wird. Die Kugel wird, wenn der Würfel gegen die Stütze *cd* schlägt, in horizontaler Anfangsrichtung mit einer Geschwindigkeit, welche gleich der gesuchten Maximalgeschwindigkeit des Pendels ist, durch den Schlitz von *cd* geworfen. Um die Stelle zu ermitteln, wo die Kugel aufschlägt, versieht man die Kugel nach Art eines Fingerhuts mit kleinen Vertiefungen und bestreicht sie mit Kreide; lässt man die Kugel auf eine Wandtafel oder ein mit dunklem Papier überzogenes Zeichenbrett fallen, so erhält man eine deutliche Marke. Die für dieselbe Hubhöhe des Pendels durch Wiederholungsversuche gefundenen Marken liegen so nahe bei einander, dass man nach dem Augenmaass den geometrischen Schwerpunkt derselben angeben und die Wurfweite der Kugel ohne Zeitverlust ausmessen kann. Dass die Vorrichtung hinreichend genaue Messungen auszuführen gestattet, dürfte aus folgender kleinen Tabelle hervorgehen. Die erste Verticalreihe enthält die Hubhöhen H des Pendels, die zweite die gemessenen Fallhöhen h der Kugel, die dritte die gemessenen Wurfweiten w der Kugel, die vierte die aus der Formel $v = \sqrt{2gH}$ berechneten Maximalgeschwindigkeiten des Pendels und die letzte die aus h und w berechneten Anfangsgeschwindigkeiten v_1 der Kugel. v_1 findet man aus $w = v_1 t$, wo die Fallzeit t der Kugel aus $h = {}^1/_2 g t^2$ zu berechnen ist. Die Längenmaasse sind in cm angegeben, für g ist der Wert 980 cm/sec² angenommen.

H	h	w	v	v_1
20	35,8	54,0	198	200
10	35,8	37,5	140	139
5	35,8	26,0	99	96,2
2,5	35,8	18,5	70	68,4

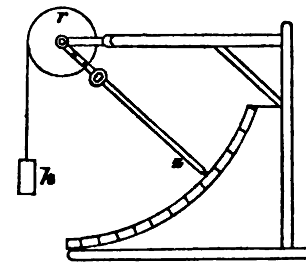
Auf die Frage, warum bei kleinen Hubhöhen die Geschwindigkeiten um 2 bis 3 % zu klein gefunden werden, soll hier nicht eingegangen werden; die gute Übereinstimmung der Werte der vierten und fünften Reihe zeigt im übrigen, dass die Methode völlig ausreicht, um die Richtigkeit der Formel $v = \sqrt{2gH}$ nachzuweisen.

Das obige Verfahren setzt voraus, dass die Schüler mit der Lehre vom Wurf schon vertraut sind. Zum experimentellen Nachweis der Gesetze des Wurfs kann man recht gut nach dem Vorgange von Herrn **Weinhold** einen Wasserstrahl benutzen, der aus einer längeren Röhre von bekanntem Querschnitt austritt; fängt man das in einer gemessenen Zeit austretende Wasser in einem geräumigen Gefäss auf, so erhält man aus dem Volumen desselben und dem Querschnitt der Röhre die Ausflussgeschwindigkeit.

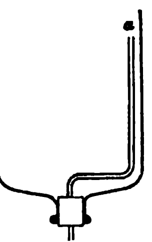
Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Zeigerwage für Schülerübungen. Von F. Niemöller. *Apparate und Versuche für physikalische Schülerübungen. Pr. d. Gymnasiums zu Osnabrück, 1894.* In einer wagrechten Schere, welche von einem kräftigen Gestell getragen wird, ist eine mit Randnute versehene Rolle *r* von 20 cm Durchmesser leicht drehbar befestigt. Der um einen Teil des Umfanges gelegte Faden wird durch die zu messende Kraft *k* gespannt. Auf der Rolle ist in radialer Richtung ein Holzzeiger *z* (50 cm × 1 cm × 0,3 cm) befestigt, der sich vor einer Skala bewegt, die auf beiden Seiten mit einer Einteilung versehen ist. Auf dem Zeiger kann an beliebiger Stelle ein Gewicht festgeschraubt werden. Durch Anhängen von Gewichten an den Faden wird die Skala für eine bestimmte Stellung des Gewichtes auf dem Zeiger geaicht. Die Änderung der Skalenwerte mit der Verschiebung des Gewichts ist auf dem Zeiger vermerkt. Durch Unterschieben eines Keiles unter das Fussbrett stellt man den Zeiger auf Null, wenn der Faden unbelastet ist. *M.*



Einfaches Volumenometer. In seinem diesjährigen Programm (vgl. d. Zeitschr. *VII 314*) giebt F. Niemöller eine einfache Vorrichtung an, um durch Messung oder Wägung das von einem festen Körper verdrängte Wasser zu bestimmen. Der Apparat lässt sich aus einer grossen Tintenflasche durch Absprengung des Bodens leicht herstellen. Das Gefäss wird bis über die Kuppe *a* des Abflussröhrchens gefüllt. Wenn kein Wasser mehr ausfliesst, wird der an einem dünnen Faden befestigte Körper eingesenkt und das nunmehr ausfliessende Wasser in einem Messcylinder aufgefangen. *M.*



Die Leydener Flasche als Aufspeicherungsbatterie. Von S. T. Moreland. (*Phys. Rev. I 460, 1894*). Zwei Leydener Flaschen werden mit ihren inneren Belegungen an die Pole einer Influenzmaschine angeschlossen und mit ihren äusseren Belegungen unter einander verbunden. Nach Ladung der Flaschen entfernt man die treibende Schnur von der beweglichen Maschinenscheibe. Die in den Flaschen aufgespeicherte elektrische Energie setzt die Scheibe in umgekehrtem Sinne in Bewegung. *Wied. Beibl. XVIII 845, 1894.*

Einige Beobachtungen mit einem neuen Geräteglas. Von Prof. Dr. A. Winkelmann und Dr. O. Schott. *Zeitschrift für Instrumentenkunde XIV 6, 1894.* Das von den Verfassern beschriebene Glas kann starken Temperaturunterschieden ohne Gefahr des Zerspringens ausgesetzt werden. Man ist also bei Anwendung von Geräten aus diesem Glas nicht allein vor dem oft sehr unangenehmen Verlust kostbaren Materials einigermassen gesichert, sondern spart auch Zeit und Heizkraft, da man die Apparate ohne Drahtnetz der direkten Flamme, sogar dem Gebläse aussetzen kann. Bei den hier beschriebenen Versuchen wurde in den Gefässen Wasser zum Sieden gebracht über einem Fletcherbrenner, der mit einem kräftigen Gebläse in Verbindung stand. Das Resultat war folgendes: a) Von 13 Kochflaschen, deren Hohlraum zwischen 3,3 und 0,5 l variierte, zersprang keine. b) Von 24 Erlenmeyern, deren Hohlraum zwischen 1,1 und 0,2 l lag, zersprang keiner. c) Von 31 verschiedenen Bechergläsern, 3,6 bis 0,2 l fassend, zersprangen zwei grössere. Mit Kochflaschen und Bechergläsern aus diesem neuen Geräteglase habe ich bereits gearbeitet und kann in Bezug auf die Kochflaschen das dort gewonnene Resultat bestätigen. Dagegen sind die Bechergläser anscheinend nicht so widerstandsfähig; es sind mir von diesen sogar beim Erhitzen über dem Drahtnetz einige gesprungen. Die Kochflaschen werden sich wegen dieser vorzüglichen Eigenschaften daher voraussichtlich bald einbürgern, obgleich ihr Preis beinahe das Doppelte der gewöhnlichen beträgt. *Rr.*

2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Über Ströme von hoher Spannung und grosser Wechselzahl. Eine vorteilhaftere Ausnutzung der elektrischen Energie zur Lichterzeugung, als sie der gewöhnliche Glüh- und Wechselstrombetrieb gewährt, glaubt Tesla durch Verwendung von Wechselströmen zu erhalten, welche die hohe Spannung der elektrostatischen Maschinen mit einer den Hertzschen Schwingungen vergleichbaren Periode verbinden. Er hofft, dass eine von ihm schon im kleinen vorgeführte Beleuchtungsart praktisch durchführbar sein werde, bei welcher der zu erleuchtende Raum in ein starkes, schnell wechselndes elektrostatisches Feld verwandelt wird, innerhalb dessen Vacuumröhren zum hellen Aufleuchten gebracht werden. Als Stromquelle benutzt er entweder eine gewöhnliche oder eine eigens zu diesem Zwecke von ihm construierte 480polige Wechselstrommaschine, welche 30 000 Stromwechsel in der Minute durch die Primärspule eines Transformators schickt. Der hochgespannte Secundärstrom dieses Transformators dient zur Ladung eines aus in Paraffinöl eingehängten Metallplatten bestehenden Condensators, der sich weiterhin vermittelst einer Funkenstrecke oscillatorisch durch die Primärspule eines zweiten Transformators entladet, von dessen secundären Polen nun Ströme entnommen werden können, deren Potential Tesla auf etwa 200 000 Volt bei 10^6 Wechseln in der Secunde angiebt. Der Primärkreis dieses zweiten Transformators besteht aus zwei auf einen Holzcylinder gewickelten Spulen von 4 Lagen zu je 24 Windungen; den Secundärkreis bilden zwei auf Hartgummirahmen gewickelte Rollen aus mit Guttapercha umgebenen Draht. Jede dieser Rollen enthält 26 Lagen zu 10 Windungen. Jedes Spulenpaar kann nach Bedarf hintereinander oder parallel geschaltet werden. Der ganze Transformator wird in einen Holzkasten in ausgekochtes Paraffinöl mittels einer Luftpumpe luftfrei eingesetzt, sodass nur noch die mit Hartgummiröhren umgebenen secundären Elektroden über die Oberfläche des Öls hervorragen. Zur schnellen und vollkommenen Unterbrechung des den Condensator entladenden Funkens werden seitlich zur Funkenstrecke die mit Glimmerplatten bedeckten Pole eines kräftigen Elektromagneten aufgestellt, oder es wird der Funke der Wirkung eines starken Luftstromes oder dem Einflusse der aus einer Lampe aufsteigenden Verbrennungsgase ausgesetzt.

Die physiologische Wirkung der so erhaltenen Ströme ist trotz der hohen Spannung wegen der grossen Wechselzahl eine unmerklich geringe, so dass dieselben dem menschlichen Körper keinerlei Gefahr bringen können. Wie den Hertzschen Schwingungen gegenüber, so zeigen die Metalle auch gegen diese Hochspannungsströme von grosser Wechselzahl die Erscheinung der Impedanz, eines durch die Selbstinduktion hervorgerufenen fast unüberwindlichen Widerstand gegen die Fortleitung der Ströme, während verdünnte Gase den Strömen keinen Widerstand entgegenstellen. Wird die Induktionsspule durch einen dicken Kupferdraht kurz geschlossen, so kann man an demselben in einem Zwischenraum von wenigen Centimetern eine genügend hohe Potentialdifferenz erhalten um eine an diese Stellen als Nebenschluss angelegte Glühlampe zum Leuchten zu bringen. Wird der Strom durch einen von einem Vacuum umgebenen Draht geleitet, so leuchtet das verdünnte Gas, während der Draht nur an seinen Enden glüht, in der Mitte aber vollkommen dunkel bleibt. Die Intensität der durch die Ströme hervorgerufenen Lichteffekte ist nach Tesla der Wechselzahl und dem Quadrat des Potentials proportional, so dass man bei steigender Wechselzahl eines niedriger werdenden Potentials bedarf, um dieselbe Lichtintensität zu erzielen. Die Erscheinungen des Leuchtens und der Phosphorescenz entsprechen denen der grossen elektrostatischen Maschinen; das Licht zeigt jedoch wegen des beständigen Zeichenwechsels weder die violette Farbe der positiven, noch den Glanz der negativen Entladung, sondern eine gleichmässige Färbung, welche mit steigender Wechselzahl und Spannung vom rötlich Violett in ein reines Weiss übergeht. Werden die Spulenpole bis an die Enden mit Wachs bekleidet, so entströmen denselben heisse, mehrere Centimeter hohe elektrische Flammen, welche jeden in das Lichtbüschel eingebrachten Gegenstand rapide erwärmen und nicht in Funkenentladung übergehen, wenn man ihnen eine grosse Metallkugel nähert. Befestigt man an einem Pole einen sehr dünnen Draht, so schwingt

derselbe beständig im Kreise umher, während er nach allen Seiten Licht ausstrahlt. Zwischen einer kleinen Messingkugel und einem Drahtringe, welche mit den beiden Spulenpolen verbunden sind, bildet sich ein leuchtender Hohlkegel; aus den scharfen Rändern einer kleinen Metallscheibe brechen nach allen Seiten lange weisse Lichtstrahlen hervor. Lässt man die beiden Pole in Kugeln endigen und hält man zwischen dieselben eine Hartgummiplatte, so bilden sich auf derselben intensiv leuchtende Kreise von mehreren Centimetern Durchmesser ab. Die Hartgummiplatte wird hierbei bis zum Erweichen erhitzt. Benutzt man statt des Hartgummis ein tannenes Brett, so sprühen aus dessen Oberfläche Funken hervor und dasselbe geht zuletzt in Flammen auf. Versieht man zwei auf der Rückseite mit Stanniol belegte Hartgummiplatten auf ihrer Vorderseite mit aus dünnem Draht hergestellten Schriftzügen, verbindet die Rückseiten mit einander, und die Vorderseiten mit den beiden Polen der Induktionsspule, so tritt die Schrift hell leuchtend hervor.

Wäre man imstande genügend hohe Wechselzahlen und Potentiale hervorzurufen, so würde man nach Teslas Ansicht die Luft unter gewöhnlichem Druck direkt zum Leuchten bringen können; da man eine so hohe Wechselzahl bisher nicht erreichen konnte, so muss man sich auf das Leuchtendmachen luftverdünnter Räume beschränken. Hierbei muss man jedoch an dem Princip festhalten, ein intensives Glühen des in der Lampenkugel eingeschlossenen Gases hervorzurufen und das Erhitzen der Elektroden und der Glaswand möglichst zu verhüten. Wegen der grossen Impedanz der Metalle benutzt Tesla nur einen Zuleitungsdraht, den er sehr dünn wählen kann, und demzufolge nur eine Elektrode, oder er macht auch diesen Zuleitungsdraht entbehrlich dadurch, dass er aus zwei innerhalb und ausserhalb des Lampenfusses angebrachten Metallstreifen einen Condensator bildet, mit dessen innerer Belegung er die Elektrode verbindet. Die Lampen haben die Form der gewöhnlichen Glühlampen. Die Elektrode besteht aus einem Platindraht, der in eine als Stütze dienende Capillare eingeschmolzen von aussen bis in die Mitte der Lampenkugel führt. Der Platindraht läuft in einen dicken Kohlefaden aus, dessen Ende einen aus möglichst beständigem Material hergestellten sehr kleinen kugelförmigen Leuchtkörper trägt. Als Leuchtkörper dienen fest gepresste Kohle, Diamant, oder am besten Carborundum, ein durch elektrisches Schmelzen eines Gemisches aus Kohle und Kieselsäure hergestelltes diamantartiges Kohlenstoff-Silicium (vgl. diese Zeitschr. *VII 145*). Damit nur die Elektrodenkugel und nicht auch die Glasstütze der Elektrode ausstrahle, wird die letztere mit einem Mantel aus dünnem Aluminiumblech umgeben. Die Lampe leuchtet unter heftigem Glühen der Elektrodenkugel, sobald sie durch einen dünnen Draht mit einem Pole der Induktionsspule verbunden wird. Ihre Leuchtkraft wird noch erhöht durch Anbringung eines Condensators in der Form eines metallischen Lampenschirmes, der über den Hals der Lampe gestülpt wird. Auch mit elektrodenlosen fluorescierenden Vacuumröhren konnte Tesla eine Lichtstärke erzielen, welche gestattete in sechs Schritt Entfernung von der Lichtquelle zu lesen. Er verband die Enden der Induktionsspule mit zwei in grosser Entfernung von einander aufgestellten ausgedehnten Metallplatten und vermochte innerhalb des so gebildeten Luftcondensators die Röhren zum Leuchten und eingeschlossene dünne Kohlefäden zum heftigen Glühen zu bringen.

Vor kurzem hat Himstedt (*Oberhess. Ges. f. Nat. u. Heilk. Giessen 30. 1894*) gezeigt, dass man sich zur Erzeugung dieser Teslaschen Ströme auch der zur Erregung Hertzscher Wellen gebrauchten Apparate bedienen kann. Zur Stromerzeugung dient eine grosse Influenzmaschine oder ein Ruhmkorff-Induktorium von 50 cm Länge und 20 cm Rollendurchmesser, dessen Primärstrom durch einen Foucaultschen Interruptor, in welchem das Quecksilber durch zähes Zinkamalgam mit aufgegossenem Maschinenöl ersetzt ist, 8 bis 12 mal in der Secunde unterbrochen wird. Der Induktionsfunke springt zwischen zwei vorn abgerundeten 5 mm dicken Zinkstäben in einer Entfernung von 5 bis 10 mm über. An die Pole des Induktoriums sind die inneren Belegungen zweier auf Paraffinplatten isoliert aufgestellten Leydener Flaschen von 42 cm Höhe und 16 cm Durchmesser angeschlossen. Verbindet man die äusseren Flaschenbelegungen durch einen U-förmig gebogenen Kupfer-

draht von 150 cm Länge und 4 mm Durchmesser, so lässt sich an demselben die Erscheinung der Impedanz zeigen. Glühlampen mit dünnem Platindraht, welche zu diesem Kupferdraht parallel geschaltet werden, leuchten hell auf, während der Draht eine leise schwingende Bewegung annimmt und eine mit scharfen Knicken versehene Zickzacklinie bildet. Zur Erzeugung der eigentlichen Hochspannungsströme wird an Stelle des Kupferdrahtes der Teslasche Transformator eingeschaltet. Derselbe besteht aus einer in 10 Schraubenwindungen von 1 cm Steigung auf ein Glasrohr von 4 cm Durchmesser gewickelten Primärspule, über welche ein Hartgummirohr von 6 mm Wandstärke geschoben wird, welches die aus 200 Windungen von 1 mm dickem Draht bestehende Secundärwicklung trägt. Bei der Herstellung derselben werden zwei gleiche blanke Drähte neben einander aufgewunden und der eine von ihnen wieder abgewickelt, so dass die Windungen der übrig bleibenden den Abstand 1 mm von einander besitzen. Der Transformator liegt in einem mit Maschinenöl gefüllten Steingutgefäss auf Hartgummistützen. Die Enden der Secundärspule sind mit zwei auf Hartgummisäulen befestigten Metallknöpfen verbunden. Mit diesem Apparat hat Himstedt die Teslaschen Versuche über die Lichtausstrahlung in gewöhnlicher Luft wiederholt. Wenn er den einen Pol zur Erde ableitete und den anderen mit einer grossen Metallkugel verband, so konnte er Geisslersche Röhren im Umkreise von 3 bis 4 Meter zum Leuchten bringen. Glühlampen zeigten ebenfalls nur das fahle Licht der Geisslerschen Röhren; falls aber an der Lampe ein Blechschirm von grösserer Capacität befestigt wurde, geriet auch der Kohlefaden ins Glühen und in heftigen Schwingungen, die ihn in kurzer Zeit zerstörten. Vacuumröhren, welche mit dem Induktorium das Kathodenlicht, den dunklen Raum und das geschichtete Anodenlicht lieferten, gaben mit der Tesla-Spule an beiden Enden Kathodenlicht, in der Mitte Anodenlicht. Verbindet man mit einem Pole der Tesla-Spule ein Goldblattelektroskop, so geraten die Blätter bei schwacher Divergenz und starker Ausstrahlung in zitternde Bewegung. Nach Öffnung des Stromes zeigt es eine in der Spule zurückbleibende negative Ladung an. Lässt man den einen Pol der Spule unter Öl isoliert, und erzeugt man mit dem anderen Lichtenbergsche Figuren, so sind diese bei beliebiger Richtung des Primärstromes stets positiv. Das Zeichen der Ausstrahlung vom Pole der Spule ist allein von der Natur des umgebenden Mediums abhängig. Wurde mit dem Spulenende eine Platinspitze verbunden, welche einer auf dem Boden einer tubulierten Flasche liegenden und mit einem Elektroskop in Verbindung stehenden Quecksilberschicht gegenüberstand, so zeigte das Elektroskop positive Elektricität an, wenn die Flasche mit Luft oder Sauerstoff gefüllt war, eine negative Ladung dagegen bei Leuchtgas, Wasserstoff, Kohlensäure und Ammoniak. Am stärksten war die positive Strahlung für eine Stickstoff-Sauerstoff-Mischung, welche der Zusammensetzung der Luft entsprach.

H. R.

---

3. Geschichte.

Die Sirenen. Ein Beitrag zur Entwickelungsgeschichte der Akustik. Teil. II. Von Dr. E. Robel (Progr. des Luisenstädt. Realgymnasiums zu Berlin, Ostern 1894, *Pr. No. 98*). In dieser Fortsetzung seiner bereits in dieser Zeitschrift (*V 257*) angezeigten ersten Abhandlung stellt der Verfasser die Arbeiten deutscher Physiker über die Sirene in dem Zeitraume von 1830 bis 1856 dar. Es zeigt sich, dass die Arbeiten von Cagniard de la Tour und Savart die deutschen Physiker zunächst zu theoretischen Betrachtungen anregten, deren wichtigstes Ergebnis die von W. Roeber (1839) ausgesprochene Erkenntnis ist, dass die Höhe eines Tones richtiger durch die Zahl der in einer Sekunde erfolgenden Impulse (bez. ganzen Schwingungen) statt wie bis dahin, durch die Zahl der halben Schwingungen zu bezeichnen sei. Auch W. Weber macht (1840) darauf aufmerksam, dass die Tonhöhe blos davon abhänge, wie oft in einer Sekunde die das Ohr begrenzende Luftschicht am dichtesten und am wenigsten dicht sei; diese Zahl sei dieselbe, möge zwischen zwei verdichtenden Wellen eine verdünnende eingeschaltet werden oder nicht.

Unabhängig von La Tour hatte Fr. W. Opelt (Kreissteuer-Einnehmer in Plauen, später Geh. Finanzrat) eine Scheibensirene construiert, deren erste Erwähnung bis 1832 zurückgeht. Aus dem Berichte Opelts über die Geschichte seiner Erfindung geht unzweifelhaft hervor, dass er als der selbständige Erfinder der mehrstimmigen Lochsirene anzusehen ist. In einer kurzen Veröffentlichung „Über die Natur der Musik“ (1834) gelangte er, ausgehend von den Gesetzen des Rhythmus, zu einer wichtigen Erklärung des Consonierens und Dissonierens und fand sogar, dass das Ohr im Stande sei, eine zusammengesetzte periodische Bewegung in ihre isochronen Teilbewegungen zu zerlegen. Auch erkannte er zuerst die Brauchbarkeit der Sirene für die Untersuchung der Combinationstöne. Opelt stellte die Scheiben aus Pappe her, die auf beiden Seiten mit Papier überzogen war, später verfertigte R. König in Paris solche Scheiben aus Messing, sie hatten bei 50 cm Durchmesser nicht weniger als 1638 Löcher in 24 concentrischen Kreisen. Zum Anblasen benutzte Opelt einen Federkiel, König führte statt dessen Messingröhrchen von 1 bis 3 mm Öffnung ein. Der Verfasser hebt hervor, dass die Opeltsche Sirene bei ihrer einfachen Construktion ein für Unterrichtszwecke recht brauchbarer Apparat sei, weil mittels desselben die Grundlehren der Intervallen- und Akkordlehre in leicht fasslicher und ausgiebiger Weise dargelegt werden können und weil ferner durch dieselbe ganz evident die für die physiologische Akustik wichtige Thatsache sich nachweisen lässt, dass das Ohr ohne weiteres eine zusammengesetzte Tonmenge in ihre Componenten zerlegen, d. h. eine Klanganalyse unmittelbar zu stande bringen kann.

Die Entdeckungen Opelts blieben fast unbekannt, und so kam es, dass August Seebeck (1841) Versuche mit einer der Opeltschen sehr ähnlichen Sirene veröffentlichte, ohne von der Erfindung seines Vorgängers Kenntnis zu haben. Neu und überraschend waren seine Versuche über Interferenz zweier Töne und über die Erscheinungen bei gestörtem Isochronismus der Impulse. Der Verfasser teilt die Versuche vollständig mit, aus denen Seebeck den Schluss zog, „dass das Gehörorgan die Fähigkeit besitze, ein System von Impulsen in zwei oder drei Systeme von isochronen Impulsen zu zerlegen; dass es aber andererseits auch durch einen nur einigermassen angenäherten Isochronismus den Eindruck einer bestimmten Tonhöhe empfängt, wie vom vollkommenen Isochronismus.“ Diese Versuche Seebecks sind deshalb von hervorragender Bedeutung für die Geschichte der Akustik, weil sie den unmittelbaren Anstoss zu den epochemachenden theoretischen Untersuchungen von G. S. Ohm über die Natur des Tones gegeben haben. Anknüpfend an die Erwägungen von Roeber und Seebeck stellte sich G. S. Ohm die Frage, ob die alte Definition des Tons angesichts der Versuche von Seebeck noch haltbar sei. Er hatte den genialen Gedanken, das Fouriersche Theorem zur Beantwortung der Frage heranzuziehen, und es gelang ihm den Nachweis zu führen, dass jede beliebige periodische schwingende Bewegung nach diesem Theorem entwickelt werden kann, und dass dann jeder der Coefficienten dieser Reihe die Amplitude eines einzelnen wahrgenommenen Tones darstellt, dergestalt, dass das Ohr, wenn es von einer schwingenden Bewegung getroffen wird, die nicht durch einen Sinus oder Cosinus der Zeit dargestellt wird, ebensoviele Töne gleichzeitig hören wird, als Glieder der Fourierschen Reihe vorhanden sind, deren Coefficienten einen merklichen Wert haben. Die genauere Erklärung der acht Seebeckschen Versuche auf Grund dieses Prinzips findet man in der Abhandlung; auf den daran anschliessenden Streit zwischen Seebeck und Ohm ist der Verfasser aus Mangel an Raum nicht mehr eingegangen. Doch bietet er noch eine Übersicht über die späteren Formen der Sirene, und bespricht insbesondere die mehrstimmige Sirene von Dove und die Helmholtzsche Doppelsirene, die für die Erforschung der Combinationstöne von so grosser Wichtigkeit geworden sind. *P.*

4. Unterricht und Methode.

Ein Beispiel wissenschaftlicher Methodik. In der Zeitschrift *„Himmel und Erde"* (*VI Heft 7, 1894*) hat Prof. P. Volkmann einen Aufsatz, über die Bedeutung des Studiums der Bodentemperaturen veröffentlicht, dem ein hervorragender Wert für die richtige Schätzung naturwissenschaftlicher Bildung überhaupt zuerkannt werden muss. Der Verfasser wählt ein scheinbar seitab gelegenes, nicht vielverheissend aussehendes Gebiet, um daran einige Grundzüge naturwissenschaftlichen Denkens zu erläutern. Er zeigt wie ein complicierter Vorgang zuerst durch das Denken in seine einfacheren Bestandteile zerlegt wird, und wie dann der eine und der andere dieser Bestandteile der Beobachtung oder dem Experiment zugänglich gemacht wird. In dem vorliegenden Falle führt die Diskussion des Vorganges zu dem Studium der Wärmeverteilung in den obersten Schichten der Erdrinde. Der Verfasser beschreibt die zu dem Zweck errichteten Beobachtungsstationen in Königsberg und in Edinburg und teilt die Hauptergebnisse, die dort gewonnen worden sind, mit. Von einer Tiefe von 1 m an bestehen die Wärmebewegungen in der Erdrinde nur in reinen Leitungsvorgängen, und es zeigt sich ferner, dass die verschiedenen thatsächlich nachweisbaren Leitungsvorgänge der Wärme sich gegenseitig nicht stören, dass sie sich untereinander nicht verdecken, sondern überdecken; es gilt auch hier das Princip der Superposition. Es lässt sich daher die Wärmebewegung von der Erdoberfläche nach dem Innern zunächst für sich ins Auge fassen und es ergeben sich folgende Zahlen:

I. Königsberger Beobachtungen (1873—1886)

Tiefe:	2	4	8	16	24
Jahresbeschreibung:	17,5° C.	13,9	9,0	3,9	1,7
Eintritt des Maximums:	2. Aug.	15. Aug.	8. Sept.	26. Okt.	14. Dez.

dabei sind die Tiefen nach preussischen Fuss (0,314 m) berechnet.

II. Edinburger Beobachtungen (1837—1842)

1. Bodenart (Trapp)				2. Bodenart (Sand)			
3	6	12	24	3	6	12	24
8,2° C	5,6	2,7	0,7	10,1	7,4	3,8	1,0
19. Aug.	8. Sep.	19. Okt.	6. Jan.	13. Aug.	31. Aug.	13. Okt.	27. Dez.

3. Bodenart (Sandstein)			
3	6	12	24
9,0	6,8	4,7	2,0
14. Aug.	26. Aug.	17. Sept.	7. Nov.

die Tiefenangaben beziehen sich hier auf französische Fuss (0,325 m).

Von den mancherlei Folgerungen, die sich aus diesen Durchschnittswerten ziehen lassen, sei nur hervorgehoben, dass für Königsberg die jährliche Schwankung von $^1/_{10}$° C in der Tiefe von etwa 16 m, die Schwankung um $^1/_{100}$° C. in etwa 22 m Tiefe vorliegen wird. Man kann demnach sagen, dass unterhalb der Tiefe von 20 m für alle Jahreszeiten so gut wie gleichförmig dieselbe Temperatur besteht, während die Jahresperiode mit einer Geschwindigkeit von 5 cm pro Tag oder von 18,7 m pro Jahr in die Tiefe rückt.

Unabhängig von der betrachteten Wärmebewegung, aber mit ihr nach dem Princip der Superposition verknüpft, geht die Leitung der Erdwärme aus dem Innern nach der Oberfläche vor sich; sie tritt in ihrer Reinheit erst in grösserer Tiefe (unterhalb 20 m) hervor und beträgt im Durchschnitt auf etwa 30 m 1° C. („geothermische Tiefenstufe"). Es lassen sich daraus nach W. Thomson gewisse Resultate über die Dauer der Abkühlung der Erde seit dem Schmelzungszustand gewinnen; diese Dauer beträgt nach Thomson ca. 100 Millionen Jahre; da aber die Bedingungen, die der Rechnung zu Grunde liegen, nur annähernd zutreffen, so muss man sich bescheiden, als Grenzwerte, zwischen denen jene Dauer liegt, 20 Millionen und 400 Millionen anzugeben. Eine solche schätzende

Behandlung des Gegenstandes schliesst die Exaktheit nicht aus, da auch die Auffindung von Grenzwerten schon ein Gewinn ist, und da es sich selbst bei Messungen stets um Grenzwerte (allerdings von geringerem Abstande) handelt, zwischen die die gesuchte Grösse eingeschlossen ist.

An diese Darlegungen knüpft der Verfasser allgemeine Erörterungen von solcher Wichtigkeit, dass wir sie unsern Lesern am liebsten unverkürzt mitteilen möchten. Der Verfasser hält die Naturwissenschaft für fähig, zu einem eigenen Erkenntnisstandpunkt zu erziehen, der in seiner Grossartigkeit erst von wenigen erkannt, doch dazu berufen sein dürfte, das Denken und Handeln der Menschheit in höherem Grade zu beherrschen, als es bisher der Fall war. „Die höchsten Bethätigungen des menschlichen Geistes, welche die nachdauerndsten Wirkungen ausüben, erblicken wir da, wo es dem Menschen gelingt, dem Objekt seines Problems als einen rein äusseren gegenüberzutreten, frei von Hoffnung und Furcht, frei von jeder Leidenschaft". Indem die Naturwissenschaft dies vermag, eröffnet sich ihr die Möglichkeit, vorbildlich dienen zu können. „Auch im Leben treten uns Erscheinungen gegenüber, welche wir vielleicht nicht gleich übersehen, aber wir müssen Stellung ihnen gegenüber einnehmen. Wie wir die Wärmebewegungen in der Nähe der Erdoberfläche in ihre naturgemässen Bestandteile zerlegten, um sie für sich zu erforschen, so werden wir auch die in der Wirklichkeit uns entgegentretenden Erscheinungen vor allem als zusammengesetzt aufzufassen haben, um sie nicht nur teilweise, sondern in der Gesamtheit zu erfassen." Zwei Fähigkeiten werden vornehmlich durch das naturwissenschaftliche Denken geübt, die richtige und logisch erlaubte Zerlegung zusammengesetzter Erscheinungen, und die richtige, logisch erlaubte Zusammensetzung einfacher Wirkungen; der Verfasser bezeichnet sie als Isolieren und Superponieren. „An naturwissenschaftlichen Gegenständen geübt, gestatten diese allgemeinen Denkformen, nach naturwissenschaftlichem Vorbild in allen Gebieten der Wissenschaft und des Lebens eine schnelle Orientierung anzubahnen, ungeordnetes und compliziertes Erscheinungsmaterial beherrschen zu lernen und andern geordnet und verständlich zu vermitteln." An dem Beispiel des uralten Gegensatzes von Theorie und Praxis zeigt der Verfasser dann, wie solche Differenzen nicht gemieden, sondern aufgelöst werden sollen, und wie die Auflösung in der Harmonie besteht, die zwischen Lehre und Wirklichkeit, zwischen Denken und Sein zu walten hat. *P.*

Der Physikunterricht nach den neuen Lehrplänen. In der Zeitschrift für das Gymnasialwesen (*XLVIII, 241—249, 1894*) unterzieht R. Schiel die neuen Lehrpläne für die Physik einer kurzen Besprechung, in der er namentlich bezüglich des propädeutischen Unterrichts sich ganz auf den in dieser Zeitschrift (*V 169*) vertretenen Standpunkt stellt. Auch er kommt zu dem Schluss, „dass die Forderungen der neuen Lehrpläne bezüglich des Vorkursus in der gegebenen Zeit sich nicht erfüllen lassen", und dass die Vermehrung dieses Kursus um ein Semester notwendig sei. Für die Oberstufe dagegen will er keiner grösseren Ausdehnung der zugemessenen Zeit das Wort reden; es sei auch für diese als Grundsatz festzuhalten: Beschränkung des Stoffes, aber gründliche Ausnutzung der verfügbaren Zeit und der gebotenen Bildungsmittel (vgl. Noack, *d. Zeitschr. IV 161*). Die Thätigkeit der Schüler werde zum grössten Teil in der Auffassung und correkten Wiedergabe zusammenhängender Untersuchungen und Entwicklungen bestehen, wobei besonders eine scharfe Gliederung der Gedankenreihen zu fordern sei. Der im Reglement getroffenen allgemeinen Anordnung des Stoffs pflichtet er persönlich bei, hält aber dafür, dass es keine notwendig gebotene Anordnung der Pensen giebt, die nicht auch durch eine andere sehr brauchbare ersetzt werden könne. In der Lehrbuchfrage ist er der Ansicht, dass der Richtung, die von Mach in seinem Leitfaden (1891) angegeben ist, die Zukunft gehört. *P.*

Galileis Untersuchung der Fallbewegung. Von Aurel Kiebel. S. A. aus dem 30. Jahresbericht der Ober-Realschule in Czernowitz 1893/94 (Czernowitz, in Commission bei H. Pardini's Universitätsbuchhandlung). Das Schriftchen giebt eine für Mittelschüler

berechnete Darstellung der Hauptpunkte von Galileis grundlegender Untersuchung, im Anschluss an die von A. v. Öttingen besorgte Übersetzung (Ostwalds Klassiker Nr. 11, 24, 25). Es wird zunächst die Bekämpfung der Lehre des Aristoteles vom freien Falle auseinandergesetzt; grade diese Partie ist höchst lehrreich, nicht nur wegen der Bündigkeit der darin auftretenden Schlüsse, sondern auch wegen des genialen Verfahrens Galileis, aus der Widerlegung des Falschen unmittelbar die richtige Erkenntnis hervorwachsen zu lassen. Es folgt dann die Definition der „natürlich beschleunigten“ Bewegung, zunächst die von Galilei versuchsweise aufgestellte und als falsch beiseite gelassene, dann die richtige Definition, die Ableitung des Zusammenhanges zwischen Fallstrecke und Fallzeit (auf geometrischem Wege), endlich die Einführung der schiefen Ebene und die Versuche auf der Fallrinne. Wem Galileis Vertrauen auf die Beweiskraft der schiefen Ebene für den freien Fall verdächtig erscheint (vgl. d. Zeitschr. *VII 284*), der wird sich auch aus diesem elementaren Auszuge überzeugen können, auf wie geniale Weise Galilei die Gewissheit gewann, dass auf der schiefen Ebene die erlangten Geschwindigkeitswerte gleich denen sind, die der Körper beim freien Fall durch die schiefe Ebene erlangt hätte. Für die Unterstufe ist dieser Weg freilich unbrauchbar; und auch die Benutzung des Parallelogramms der Kräfte bez. der Wege wird nicht hinreichen, dem Schüler der Unterstufe das Verhältnis der beiden Bewegungen (auf der schiefen Ebene und beim freien Fall) zu zweifelloser Klarheit zu bringen. (Man vgl. Höfler, d. Zeitschr. *VII 285*). Denn die Zerlegung des Weges beim Vorhandensein einer widerstehenden Wand ist keine so einfache Sache, wie es dem physikalisch geschulteren Denken erscheint. Hier wäre, wenn der Gegenstand auf der Unterstufe behandelt werden soll, ein allmählicher Übergang durch immer grössere Steilheit zur senkrechten Richtung vorzuziehen. Der Verfasser fügt ferner noch die Galileische Ableitung des Pendelgesetzes aus den Fallgesetzen, und die Versuche zum Nachweise des Gewichts der Luft hinzu. Alle diese Darlegungeu sind für den Unterricht vorzüglich verwendbar und durch die Öttingensche Übersetzung auch allgemein zugänglich geworden.

Am Schlusse giebt der Verfasser Rosenbergers Ansichten über die naturwissenschaftliche Methode wieder und unterscheidet mit diesem neben einer mathematischen und einer experimentellen noch eine naturphilosophische Methode, durch deren Vereinigung erst die Fortschritte der neueren Naturwissenschaft zu stande gebracht worden seien. Von der dritten, der naturphilosophischen Methode, wird gesagt, es werde auf Grund vorläufiger Beobachtungen mit Hilfe der Naturphilosophie der Plan zur Erklärung der Erscheinung entworfen und eine Annahme über das Wesen derselben gemacht. Man kann zugeben, dass bei gewissen Richtungen der Naturforschung auch Hypothesen eine Rolle spielen, doch sollte für diese Fälle das leicht missverständliche Wort Naturphilosophie unbenutzt bleiben. Am wenigsten aber passt die ganze Kennzeichnung auf Galilei, der ohne irgendwelche hypothetische Voraussetzungen geschweige denn naturphilosophische Vorurteile an die Natur herantrat und von dessen Genie Lagrange bekanntlich urteilte: qu'il voyait les lois dans les phénomènes de la nature. Das heuristische Prinzip Galileis, dass nach möglichst einfachen Voraussetzungen für die Erklärung der Erscheinungen zu suchen sei, wird man nicht als naturphilosophisch bezeichnen dürfen. In dieser Hinsicht also wird die vorliegende Darstellung einer kleinen Abänderung bedürfen. *P.*

Die Verschiebung des Bildes in einem Spiegel. Dreht sich der Spiegel um einen Winkel, so dreht sich das Bild um den doppelten Winkel. Herr G. G. Longinescu (*Buletinul de Sciin. Fiz. din Bucuresci-România III 97, 1894*) benutzt zum Nachweis dieses bekannten Satzes die Bilder selbst. Es seien s und s' (*Fig. 1*) zwei aufeinanderfolgende Lagen des Spiegels, welche den Winkel α mit einander bilden, und A_1B_1 und $A'_1B'_1$ die entsprechenden Bilder des Gegenstandes AB. Verlängert man AB, A_1B_1 und $A'_1B'_1$ bis sie die Geraden s und s' schneiden, so folgt aus der Betrachtung der so entstandenen Winkel

$$\alpha = i' - i \text{ und } \beta = 2(i' - i) = 2\alpha.$$

In dem besonderen Falle, dass der Gegenstand einer Lage des Spiegels parallel ist, wird der Beweis noch einfacher. Ist z. B. AB parallel zu s (*Fig. 2*), so ist der Winkel

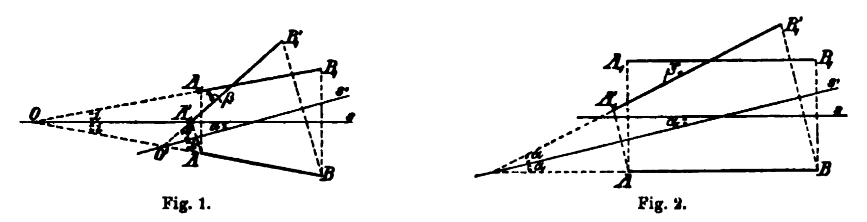


Fig. 1. Fig. 2.

β, welchen die Bilder A_1B_1 und $A'_1B'_1$ mit einander machen, gleich dem Winkel den AB mit $A'_1B'_1$ bildet, also doppelt so gross als α. Auf diesen besonderen Fall kann man den allgemeineren in sehr einfacher Weise zurückführen, indem man eine zu dem Gegenstande parallele Lage des Spiegels einschaltet. *M.*

---

5. Technik und mechanische Praxis.

Die wissenschaftliche Elektrochemie der Gegenwart und die technische der Zukunft. Von Prof. Dr. Ostwald.[1]) *Elektrotechnische Ztschr. XV 329, 1894.* Nachdem sich die Elektrotechnik bisher wesentlich als Maschinentechnik entwickelt hat, ist sie jetzt im Begriff, mit der abstrakten Wissenschaft gemeinsam zu arbeiten. Beide begegnen sich auf einem Gebiet, dem noch grosse Probleme vorbehalten sind, dem Gebiet der Elektrochemie. Der Zeitpunkt dieser Vereinigung ist insofern ein glücklicher, als es nach hundertjähriger Mühe auf dem Boden der Chemie eben gelungen ist, eine befriedigende Theorie der Entstehung des galvanischen Stromes zu finden.

Nachdem Ostwald in kurzen Worten die Theorie der elektrolytischen Dissociation verständlich gemacht hat, indem er darauf hinweist, dass die Elektricität in einem Elektrolyten nur mit den Ionen transportiert wird, und dass daher in einer sehr verdünnten Kochsalzlösung die Ionen auf dem relativ langen Wege, den sie zwischen den Wassermolekeln zurückzulegen haben, unbedingt, wenn auch nur zeitweise, getrennt sein müssen, erläutert er die beständige Bildung einer Potentialdifferenz in einem constanten galvanischen Element. Letzteres nennt er im Sinne der Nernstschen Theorie eine Maschine, die mit dem osmotischen Druck betrieben wird. Derselbe bethätigt sich bei der Auflösung der Metalle als Lösungsdruck. Im Daniellschen Element kommt die Potentialdifferenz auf Grund der Verschiedenheit des Lösungsdruckes des Zinks und des Kupfers dadurch zustande, dass das Zink in hohem Grade bestrebt ist, seine Atome als Ionen in Lösung zu bringen und dabei positive Elektricität aufzunehmen, während die Kupferionen des Kupfervitriols leicht den Ionenzustand aufgeben und, indem sie wieder zu Metall werden, an die Kupferelektrode ihre positive Ladung abgeben. Im Schliessungsbogen muss daher stets positive Elektricität von dem Kupfer nach dem Zink übergehen. In Übereinstimmung mit der Erfahrung folgt aus dieser Theorie, dass die Potentialdifferenz umso grösser ist, je weniger Zinkionen, und je mehr Kupferionen im Element vorhanden sind.

Mit Hülfe jener Theorie, so führt Ostwald weiter aus, wird es der Technik möglich sein, das grösste aller ihrer Probleme zu lösen, nämlich das Problem der Beschaffung billiger Energie. Sie muss einen Weg finden, auf welchem die durch die Verbindung mit Sauerstoff frei werdende chemische Energie der Kohle ohne erhebliche Verluste in mechanische Energie übergeführt werden kann. Dies wird ihr gelingen, wenn sie die Wärmeenergie als Vermittlerin vermeidet, also anstelle der Dampfmaschine, in welcher nur ein geringer Teil der Wärme mechanisch nutzbar gemacht wird, ein galvanisches

[1]) Vortrag, gehalten bei der 2. Jahresversammlung des Verbandes der Elektrotechniker Deutschlands in Leipzig.

Element construiert, welches eine direkte Verwandlung jener chemischen Energie in die leicht transformierbare elektrische Energie gestattet. Wie dieses Element aussehen mag, ist vor der Hand nicht zu sagen. Doch ist bei der Auffindung desselben zu berücksichtigen, dass der chemische Vorgang, um elektrisch brauchbar zu sein, ein indirekter sein muss. Sowie nämlich durch die Combination $Zn/K_2SO_4/Pt$ ein dauernder Strom dann erst entsteht, wenn die das Zink oxydierende Schwefelsäure zu der gegen letztere beständigen Platinelektrode geführt wird, so ist der Sauerstoff oder ein aus der Luft herzustellendes Oxydationsmittel nicht an die Kohle selbst zu bringen, sondern an die andere, vom Sauerstoff nicht angreifbare Elektrode, und es ist der geeignete, vermittelnde Elektrolyt zu suchen, der wie jenes K_2SO_4 bei dem Vorgang nicht verbraucht werden darf. Würde die Technik diese ihr von der Wissenschaft gegebene Idee verwirklichen, so hätte sie einen Erfolg errungen, gegen welchen selbst die Erfindung der Dampfmaschine verschwindet.

Ein anderes Problem der Elektrochemie betrifft eine bessere Vorkehrung der Aufspeicherung der elektrischen Energie, und zwar handelt es sich darum, das Blei der Bleiakkumulatoren durch ein Metall mit bedeutend geringerem Äquivalentgewicht zu ersetzen, also wesentlich leichtere Akkumulatoren zu bauen.

Schliesslich warnt Ostwald, indem er zum Kapitel der Elektrolyse übergeht, vor Irrtümern, die durch die Bezeichnung der primären und sekundären Vorgänge entstehen könnten. Er betont, dass die zur Elektrolyse einer Substanz erforderliche elektromotorische Kraft durchaus nicht von den Processen abhängt, die man als die primären anzusehen pflegt, sondern von denen, welche wirklich eintreten, und weist ferner auf die Regel hin, dass falls an den Elektroden mehrere Stoffe frei werden könnten, thatsächlich sich immer nur diejenigen abscheiden, deren Abscheidung die geringste elektromotorische Kraft erfordert, gleichgültig ob sie primär oder sekundär sind.[2]) *R. Lüpke.*

Energie-Übertragung Lauffen-Frankfurt. Der von Prof. Dr. H. F. Weber verfasste, zur 9. Gruppe der Frankfurter Ausstellung gehörige Bericht der Prüfungscommission über die an dieser Anlage ausgeführten Untersuchungen liegt nunmehr im Drucke vor. Die Gesamtergebnisse der Prüfung sind in dem Bericht folgendermassen zusammengestellt:

1. In der Lauffen-Frankfurter Anlage zur Übertragung elektrischer Energie über eine Entfernung von 170 km mittels eines Systems von Wechselströmen mit der Spannung von 8500 V bis 7500 V und einer durch Öl und Porzellan isolierten Kupferleitung wurden bei der kleinsten Leistung 68,5 %, bei der grössten Leistung bis zu 75,2 % der von der Lauffener Turbine an die Dynamo abgegebenen Energie an den tertiären Leitungen in Frankfurt nutzbar gemacht.

2. Bei dieser Übertragung tritt in der Fernleitung als einziger durch die Messung fixierbarer Effektverlust der durch den Widerstand der Leitung bedingte Joulesche Effekt auf.

3. Theoretische Untersuchungen ergeben, dass der Einfluss der Capacität langer, in der Luft geführter, nakter Leitungen zur Fortleitung von Wechselströmen für Energieübertragung auf den Wirkungsgrad der Übertragung bei der Verwendung von Periodenzahlen 30 bis 40 bis 50 so gering ist, dass derselbe bei der Planung elektrischer Energieübertragungen als ganz untergeordnete Grösse behandelt werden darf.

4. Der elektrische Betrieb mit Wechselströmen von 7500 bis 8500 V Spannung in mittels Öl, Porzellan und Luft isolierten Leitungen von mehr als 100 km Länge verläuft ebenso gleichmässig und sicher, wie der Betrieb mit Wechselströmen von niedriger Spannung in kurzen Leitungen. (*Elektrotechnische Zeitschrift XV 241, 1894.*) *M.*

---

[2]) Die oben erwähnten Punkte werden vom Referenten in den nächsten Heften näher ausgeführt werden. *Die Redaktion.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Thermodynamik. Vorlesungen gehalten von H. Poincaré, Professor und Mitglied der Akademie. Redigirt von J. Blondin, Privatdocent an der Universität zu Paris. Autorisirte deutsche Ausgabe von Dr. W. Jäger und Dr. E. Gumlich. Mit 41 in den Text gedruckten Figuren. Berlin, J. Springer, 1893. XVIII u. 298 S. M. 10,—.

Die beiden Hauptstützen des Lehrgebäudes der heutigen Thermodynamik sind die Sätze von Mayer und Clausius. Um die Gründe darzulegen, welche alle Physiker zur Annahme dieser beiden Gesetze bewogen haben, schlägt Poincaré den so lehrreichen geschichtlichen Weg ein, obwohl er sich darüber vollständig klar ist, dass er so nur auf Umwegen sein Ziel erreichen kann. Er legt dabei ein besonderes Gewicht auf die Anwendung der Clausiusschen Ungleichung $\int dQ/T > 0$ auf nicht umkehrbare Vorgänge, und sieht dabei als seine Hauptaufgabe an, die genaue Bedeutung dieser Ungleichung festzustellen und zu untersuchen, welche Hypothesen man zu dem Hauptsatz von Clausius hinzufügen muss, damit diese Ungleichung notwendig daraus folgt. Auch bei der ausgedehnten Behandlung der Dampfmaschine war die Absicht massgebend, die Bedeutung jener Ungleichung näher zu beleuchten. An die theoretische Untersuchung dieser Maschine schliesst sich die Anwendung der Sätze von Mayer und Clausius auf chemische und elektrische Erscheinungen an. Poincaré bemüht sich dabei, sorgfältig jede Hypothese explicit auszusprechen und sie dadurch zu prüfen, dass er Folgerungen aus ihnen zieht, welche durch Versuche geprüft werden können. Seine peinliche Vorsicht spricht er scharf in folgenden Worten aus: „Selbst für die einfachsten Hypothesen darf man keine Ausnahme machen. Ihre scheinbare Einfachheit kommt meistens daher, dass wir durch Zufall gewisse Veränderliche gewählt haben; hätten wir dagegen zufällig andere genommen, so würden uns die Hypothesen gar nicht so einfach erscheinen. Gerade den einfachsten Hypothesen muss man sogar am meisten misstrauen, da diese besonders geeignet sind, unbemerkt durchzuschlüpfen.“ Solche Gedanken leiteten Poincaré bei der Untersuchung der Dissociation und des Peltier-Phänomens. Er sucht zu zeigen, dass es unmöglich ist, das Gesetz der Dissociation homogener oder heterogener Gasgemische a priori aufzustellen, dass man aber versuchen kann, eins aus dem andern abzuleiten. Das Werk schliesst ab mit der Theorie der monocyklischen Systeme, deren Ergebnis in dem Schlusssatz zusammengefasst wird: „Dieser Mechanismus ist unvereinbar mit dem Satze von Clausius.“ Dieses Ergebnis der Poincaréschen Entwicklungen bedarf sicherlich noch der Bestätigung durch weitere sorgfältige Untersuchungen.

Das Werk zeichnet sich durch höchst geschickte Anordnung und scharfe kritische Durcharbeitung des Stoffes aus. Mit erstaunlicher Fertigkeit ist hier mathematisches Denken auf physikalische Vorgänge angewandt worden. Jeder, der sich wissenschaftlich mit der Thermodynamik beschäftigt, wird das Werk auf das sorgfältigste durcharbeiten müssen. *H.*

Lyslaere (Lehre vom Licht). Von Julius Petersen, Overlaerer i Herlufsholm. Kjöbenhavn, Lehmann & Stages, 1894. 96 S.

Der Verfasser giebt in klarer und übersichtlicher Form eine Einführung in die Erscheinungen und Gesetze der Optik. Hauptvorzug des Buches ist die flüssige und zusammenhängende Darstellung, in welche sich auch die ganz elementar gehaltenen, mathematischen Entwicklungen organisch einfügen. Pädagogisch wertvoll erscheint uns die Trennung in einen Hauptteil, welcher die der unmittelbaren Anschauung leichter zugänglichen Erscheinungen der Strahlung, Spiegelung, Brechung und Zerstreuung umfasst, und einen Anhang, in welchen alle Thatsachen verwiesen sind, die auf die Wellentheorie hinführen. Auch die 89 Aufgaben dürften sich für die Einprägung des Stoffes als wertvoll erweisen. — Im Einzelnen fällt allerdings mancherlei auf, was das Verständnis erschwert. Weshalb sind die aus einer Lupe und dem Okular eines Mikroskops ins Auge gelangenden Strahlen denn parallel? Das Auge ist — meint der Verfasser — auf unendliche Entfernung accommodiert; das wird aber beim Betrachten eines nahen Bildes doch nie der Fall sein! Jedenfalls wird einem Anfänger aus den betreffenden Zeichnungen nicht klar werden, wo das vergrösserte Bild eigentlich liegen muss. — Andererseits müssten die auf ein Prisma fallenden Sonnenstrahlen doch parallel und nicht convergent gezeichnet werden. — Die Theorie des Regenbogens ist entschieden zu kurz gefasst, besonders da die sehr unvollkommene Zeichnung das Verständnis nicht gerade erleichtert. Diese wichtige Erscheinung wäre besser gründlicher behandelt worden; dafür hätte manche der vorangegangenen mathematischen Ableitungen, wie z. B. die über achromatische Linsen, wegbleiben können. — Warum ist an Stelle des aus zwei Paraffinplatten gebildeten Photometers nicht das einfachere Bunsensche

gewählt? Auch sonst fehlen oft einfachere, leicht für jeden anzustellende Versuche, die dem elementaren Standpunkt, für den das Buch bestimmt ist, besser entsprächen als eine mehr theoretische Ableitung. Ebenso vermisst man in den Ausführungen des Buches das historische Moment; eine Schilderung der Spektralanalyse z. B. ohne Erwähnung ihrer Erfinder bleibt doch immer unvollständig. — Dem deutschen Leser wird es auffallen, wie der dänische Autor uns scheinbar unentbehrliche Fremdwörter, wie Reflexion, reell, virtuell u. a. durch Worte der eigenen Sprache wiedergiebt. *E. Schenck, Berlin.*

Physik. Von Dr. Felix Koerber, Oberlehrer am Kgl. Gymnasium zu Schöneberg bei Berlin, und Paul Spies, Vorsteher der physikalischen Abteilung der Urania zu Berlin. Mit 133 Abbildungen im Texte. Dr. H. Potoniés Naturwissenschaftliche Repetitorien. Heft I. Berlin, Fischer (H. Kornfeld), 1893. IV u. 207 S. M. 4,—.

Das vorliegende Büchlein ist in erster Linie für Studenten bestimmt, welche das Physicum machen wollen. Es bietet eine möglichst kurz gehaltene, gewandte Darstellung der wichtigsten Grundlehren der Experimentalphysik, welche es ermöglicht, nach Beendigung eindringender, auf eigener Anschauung beruhender Studien in kurzer Zeit noch einmal einen klaren Rückblick über das gesamte Gebiet zu gewinnen. Ein Teil der Mechanik und die Lehre von der Elektricität sind von Herrn P. Spies bearbeitet worden, während das Übrige aus der Feder des Herrn F. Koerber stammt. Bei der Behandlung der geradlinigen Bewegung eines Punktes hätte die Verwendung von Differentialbezeichnungen wohl vermieden werden können; auch hätten einige Capitel in engere Beziehung zur Physiologie gesetzt werden sollen. Es ist zu bedauern, dass die äussere Ausstattung des Buches dem inneren Gehalt nicht entspricht. *H.*

Anleitung zu elektrochemischen Versuchen. Von F. Oettel. Mit 26 Fig. im Text. Freiberg i. S., Craz & Gerlach, 1894. 134 S. M. 4,00.

Das Buch ist für praktische Chemiker und Hüttenleute bestimmt, welche die Stromenergie zu industriellen Zwecken ausnutzen und das im Grossen einzuschlagende Verfahren im Laboratorium erproben wollen. Es ist nach einer klaren Disposition und in leicht fasslichen Worten geschrieben. Erhebliche Vorkenntnisse seitens des Lesers werden nicht vorausgesetzt. Zunächst wird an einfachen Abbildungen die Einrichtung und Handhabung der erforderlichen Stromquellen und der für den praktischen Gebrauch geeigneten Apparate zur Messung und Regulierung der Stromstärke und der Spannung auseinandergesetzt. Ein besonderes Kapitel handelt von der Aichung und der etwaigen Selbstanfertigung der Messinstrumente, weshalb das Buch auch für Lehrer wohl zu empfehlen ist. Nachdem ferner die auf die elektrolytischen Bäder sich beziehenden Anordnungen besprochen worden sind, werden die gesamten Versuchsanordnungen durch allgemeine schematische Figuren erläutert. Die folgenden Kapitel betreffen die Bedingungen, unter denen am günstigsten gearbeitet werden kann. Hierbei wird der Begriff der „Zersetzungsspannung“ des Elektrolyten erörtert, und es wird näher ausgeführt, wie man dieselbe mit einer für praktische Zwecke ausreichenden Genauigkeit berechnen und durch passende Wahl der Anoden sowie durch Benutzung oxydierbarer Salze möglichst vermindern kann. Ferner ist hervorgehoben, dass für die Qualität der erzeugten Produkte die Stromdichte wesentlich in Betracht kommt. Schliesslich wird eine allgemeine Anleitung zur Feststellung des Energiebedarfs und der Betriebskosten gegeben, und an einem bestimmten Beispiel wird gezeigt, wie man nach dem Resultat der Vorversuche zu verfahren hat, um die maximale Ausbeute zu erhalten. *R. Lüpke.*

Grundzüge der theoretischen Chemie. Von Lothar Meyer. Mit 2 lithographierten Tafeln. Zweite Auflage. Leipzig, Breitkopf & Härtel, 1893. XII u. 206 S. M. 4,—, eleg. geb. M. 5,50.

Schon in dem Bande *IV S. 265* ist dieses Werk, das damals in erster Auflage erschien, von Herrn Jahn besprochen worden. In verhältnismässig kurzer Zeit ist die zweite Auflage erforderlich geworden. Die dort hervorgehobenen Vorzüge sind auch der zweiten Auflage eigen. Gerade durch die kurze übersichtliche Darstellung, bei der nur das Wichtigste hervorgehoben wird, ist das Werk so brauchbar. Jeder Lehrer der Physik und Chemie muss sich mit den Fragen des gemeinschaftlichen Gebietes bekannt machen, wenn er in wissenschaftlichem Zusammenhang bleiben will, und einen dazu geeigneten Überblick giebt das Buch. Es enthält nicht nur die theoretisch-stöchiometrischen Abschnitte, sondern auch die Beziehungen der chemischen Verbindungen zu der Krystallographie, zu den Wärmeverhältnissen, zur Brechung u. s. w. und giebt über die Theorie der Lösung, der Diffusion, Dissociation, Elektrolyse und über die Massenwirkung und die damit zusammenhängenden Fragen einen wissenschaftlichen und doch

auch allgemein verständlichen Überblick. Für den Verfolg der Einzelfragen dienen dann Specialwerke wie das von Graham-Otto. *Schwalbe.*

Die Siedekurven der normalen Fettsäuren $C_n H_{2n} O_2$ von der Ameisensäure bis zur Caprinsäure. Für Vorlesungszwecke zusammengestellt von Dr. Georg W. A. Kahlbaum. Leipzig, Breitkopf & Härtel, 1894. M. 3,—.

Die Tafel ist eine graphische Darstellung der Abhängigkeit des Siedepunktes vom Drucke für die ersten zehn normalen Fettsäuren. Sie zeigt einerseits die stetig verlaufende Änderung der Siedetemperatur bei entsprechender Änderung des Druckes für jede einzelne dieser Säuren, andrerseits giebt sie, da sämtliche zehn Siedekurven auf dasselbe Coordinatensystem bezogen sind, eine klare Vorstellung von der annähernd gleichen Änderung der Siedetemperatur beim Ein- oder Austritt desselben Atomcomplexes. Da in dem Coordinatensystem ein Druckunterschied von 1 mm und ein Temperaturunterschied von 1° C durch die Länge eines Centimeters bezeichnet ist, so gewinnt die Tafel bei einem Umfang von 0 bis 55 mm Druck und 0 bis 190° Celsius eine Deutlichkeit und Grösse, wie sie für die meisten Vorlesungszwecke geeignet erscheinen. *Rr.*

Experimente mit Strömen hoher Wechselzahl und Frequenz. Zusammengestellt von Etienne de Fodor, Direktor der elektr. Centralstation in Athen. Revidiert und mit Anmerkungen versehen von Nikolas Tesla. Mit 94 Abbildungen. Wien, Pest, Leipzig, A. Hartleben, 1894.

Der Hauptwert des vorliegenden Buches liegt in der Zusammenstellung der überraschenden Versuche mit Wechselströmen hoher Spannung und Wechselzahl, die Nicola Tesla in mehreren Vorträgen in den Vereinigten Staaten, England und Frankreich vorgeführt hat, und über die zum Teil in dieser Zeitschrift (*V 87*, *VII 198*, *VIII 40*) bereits kurz berichtet worden ist. Zur Ergänzung dieser so grosses Aufsehen erregenden Experimente sind auch verwandte Versuche von J. J. Thomson, Elihu Thomson und Crookes herangezogen und viele Arbeiten angeführt worden, welche bei einer eingehenden Beschäftigung mit den von Tesla angeregten Fragen sich nützlich erweisen können. So hochwillkommen diese Zusammenstellung in Hinsicht auf die mitgeteilten Thatsachen ist, so wenig befriedigt die zweifellos grosse Schwierigkeiten bereitende Anordnung des Stoffes, bei welcher die Bedeutung der Teslaschen Versuche für eine neue, zweckmässige und billige Beleuchtungsart, nicht aber die wissenschaftliche Beschreibung und Verknüpfung der Thatsachen massgebend gewesen ist. Zu diesem vorläufig schwer zu beseitigenden Mangel gesellen sich noch zwar gewaltige, aber ungezügelte Erklärungsversuche und eine sprachliche Darstellung, welche vielfach nicht vollkommen befriedigt. Trotzdem ist das Buch wegen der darin mitgeteilten neuen Thatsachen und Vorstellungen auf das wärmste zu empfehlen. Die, welche sich mit den Versuchen Teslas näher beschäftigen wollen, seien noch darauf aufmerksam gemacht, dass gleichzeitig mit dem vorliegenden Buch in Amerika ein Werk erschienen ist, welches ebenfalls die Arbeiten des genialen Ungars zusammenstellt und den Titel führt: *Thomas Commerford Martin*, *The Inventions Researches and Writings of Nikola Tesla.* *H.*

Programm-Abhandlungen.

Das Schicksal des chemisch-mineralogischen Unterrichts auf dem Gymnasium nach der Einführung der neuen Lehrpläne. Von O. Ohmann. Humboldts-Gymnasium zu Berlin, Ostern 1894. Pr. No. 57. I. Teil. (16 S.)

Der Verfasser knüpft daran an, dass von 246 Anstalten nur 98 in ihren Lehrplänen die Mineralogie erwähnen, 148 sie unerwähnt lassen, 31 auch die Chemie nicht aufführen. Er findet den Hauptgrund hiervon darin, dass in den ursprünglichen „Entwürfen“ zu den neuen Lehrplänen die Mineralogie ganz ausgelassen war. Aber auch nach den Lehrplänen selbst ist die Stellung der Mineralogie eine sehr verkümmerte. Der Verfasser weist nach, dass schwerwiegende materiale Gründe für die Pflege der Mineralogie auf unseren höheren Schulen sprechen; und wenn die Methodik dieses Faches noch nicht die Durcharbeitung zeige, wie die der Physik und Chemie, so liege dies an der ungünstigen Fassung der Lehrpläne von 1882, die den Unterricht auf die physikalischen Merkmale der Mineralien beschränkten. Eine dies Fach mit der Chemie enger verknüpfende befolgenswerte Methode sei in dem Leitfaden von P. Meutzner, sowie in dem des Verfassers niedergelegt, der die Überzeugung vertritt, dass die Einführung in die chemischen Grundbegriffe am besten von den Mineralien ausgehe. Seine Forderungen fasst er in folgenden Thesen zusammen: 1. Von den drei Semestern der Unterstufe ist das erste der Physik (mechanische Erscheinungen, Wärmelehre), das zweite der Chemie und Mineralogie, das dritte wiederum

der Physik (einfachste Erscheinungen aus den übrigen Gebieten) zu widmen. 2. Der naturwissenschaftliche Unterricht ist in OIII und UII um eine wöchentliche Stunde zu erhöhen und gleichzeitig aus dem Range eines einflusslosen Nebenfachs herauszuheben. 3. Es ist wünschenswert, dass in I ein Semester zu einem chemisch-organischen Cursus verwendet werde.

Ein Plan zur Beschaffung von Mineralien. Von O. Ohmann. Humboldts-Gymnasium zu Berlin, Ostern 1894. Pr. No. 57. II. Teil. (10 S.)

Zur Hebung des mineralogischen Unterrichtes im Sinne der vorstehend angezeigten Abhandlung ist es nach der Ansicht des Verfassers notwendig, dass hinreichend viele Handstücke von jeder einzelnen Mineralart vorhanden sind, um eine gemeinsame Betrachtung und Beschreibung, wie bei Pflanzen, zu ermöglichen, und um auch die Vorführung der physikalischen und chemischen Eigenschaften zu gestatten. Er zählt folgende 20 Mineralarten als für diesen Zweck geeignet auf: Schwefel, Bleiglanz, Schwefelkies, Kupferkies, Zinnober, Zinkblende, Quarz (Probierstein), Roteisenerz, Magneteisenerz, Brauneisenerz, Steinsalz, Sylvin, Flussspat, Gyps, Natronsalpeter, Phosphorit, Kalkspat, Galmei, Talk, Glimmer. Auch müsste von diesen Mineralien jedem Schüler ein Stück als bleibendes Eigentum ausgeliefert werden können. Für die Beschaffung dieser Mineralien macht der Verfasser den Vorschlag, es sollten diese unmittelbar aus den Bergwerken, in erster Linie den staatlichen, entnommen werden und führt im einzelnen aus, wie dies zu organisieren sei und wie unter Mitwirkung der Regierungen ohne zu grosse Kosten die Verteilung zu erfolgen habe. Er weist auch im einzelnen die Bezugsquellen nach, aus denen jene Mineralien, ebenso wie zwanzig weitere, der Unterrichtssammlung einzuverleibende, zu beziehen wären. Gewisse Vorstudien würden in den einzelnen Bergwerken von praktischen Schulmännern anzustellen sein, damit in jedem Fall das dem Unterricht Angemessenste zur Versendung käme. Der Verfasser rechnet für eine nicht zu ferne Zukunft auf das wohlwollende Entgegenkommen der Unterrichtsbehörde. Seinem hoffnungsvollen „Glückauf“ schliessen wir uns von ganzem Herzen an. *P.*

Versammlungen und Vereine.

Verein zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und den Naturwissenschaften.

Dritte Versammlung in Wiesbaden am 15. und 16. Mai 1894.

Es fanden zwei allgemeine Sitzungen, zwei Sitzungen der vereinigten Abteilungen für Mathematik und Physik und eine Sitzung der vereinigten Abteilungen für Natur- und Erdkunde statt. An die Versammlung schloss sich ein Ausflug nach Frankfurt a. M. zum Besuche der dortigen naturwissenschaftlichen Institute an.

A. Erste allgemeine Sitzung.

1) Vortrag des Herrn Professors E. Wiedemann aus Erlangen über die Wechselbeziehungen zwischen dem physikalischen Hochschulunterricht und dem physikalischen Unterricht an höheren Lehranstalten:

Redner legte dar, welche Vorbereitung er sich für die auf die Hochschule kommenden Schüler in Physik und Mathematik wünscht, und wie nach seiner Meinung die Lehrer dieser Fächer auf der Universität am besten vorgebildet werden. — Der Schulunterricht solle bei den Schülern das logische Denken fördern und ihnen die für ihren späteren Beruf nötigen Vorkenntnisse mitteilen. Über die erstere Aufgabe nachzudenken, sei Sache des Schulmannes. Der Vortragende beschäftigte sich daher nur mit der letzteren und entwickelte dabei folgende Ansichten. Für den Docenten sei es vor allem wichtig, dass die mathematischen Formeln nicht nur von dem Schüler verstanden sondern ihm als Studenten zum Gebrauch stets gegenwärtig seien. Es sei unglaublich, was von den Kenntnissen in der Elementarmathematik die Studenten schon nach einem Jahr vergessen hätten. Die jungen Studenten hätten z. B. grosse Mühe, die einfachsten Aufgaben aus der Regel de tri zu lösen; der Begriff der umgekehrten Proportionalität sei vielen ganz unklar, der gewöhnliche Schluss aus dem Gravitationsgesetz sei der, dass in der doppelten Entfernung die Kraft die vierfache sei; viele hätten eine Scheu vor dem Gebrauch der Logarithmentafel; die Begriffe von cos, sin und tan seien verwischt u. s. w. Um hierin Wandel zu schaffen, solle man mit der Trigonometrie Vermessungskunde verbinden und im mathematischen Unterricht überhaupt nicht hauptsächlich mathematische Sätze entwickeln und eine gewisse Rechenfertigkeit ausbilden, sondern vor allem die im Leben vorkommenden Anwendungen erläutern unter Vermeidung von unmöglichen Beispielen. Auch die Physik biete in allen ihren Zweigen ausserordentlich viel Gelegenheit zur Anwendung der Mathematik. Daher sei sie

in den ihr zugewiesenen Stunden wesentlich experimentell zu behandeln und aus ihr (und der Chemie) die mathematischen Aufgaben zu entnehmen. Im physikalischen Unterricht seien die Schüler zunächst zum Beobachten anzuleiten, erst in zweiter Linie sei die Frage der Vorbereitung für den späteren Beruf zu berücksichtigen. Welche Versuche der Lehrer zur Erreichung des ersteren Zweckes anstelle, sei Sache seiner Neigung. Bezüglich des Gesamtunterrichts wäre es Herrn Wiedemann am liebsten, wenn in Einzeldarstellungen die im Leben und in der Technik angewandten Teile der Physik vorgeführt würden. Von wenigen experimentellen Thatsachen und einfachen Versuchen ausgehend und mit wenig Formeln könne man grosse Gruppen der Physik darstellen. In der Optik sei für gewöhnlich die Polarisation auszuschliessen; dagegen sei im Anschluss an die Gesetze der Fernewirkung das Planetensystem durchzunehmen. Dann werde es nicht mehr vorkommen — was Redner wiederholt beobachtet hat — dass Mediciner bis zum Physicum glauben, die Erde stehe still und die Sonne bewege sich. Bei den wichtigsten Erscheinungen und Gesetzen seien auch die Entdecker zu nennen. Eine derartige Behandlung der Physik entspreche auch ihrer Stellung als allgemeines Bildungselement. — Redner bemerkte weiter, dass die Schule weder über das ganze Gebiet der Physik eine systematische Übersicht geben noch einzelne Teile derselben erschöpfend behandeln solle. Ferner seien viele theoretisch wichtige Gebiete, die nicht ins Leben eingreifen, fortzulassen, z. B. sei eine ausgedehnte Beschäftigung mit der Elektrostatik unzweckmässig, dagegen sei diese für die Selbstbeschäftigung der Schüler das beste Feld. Von allgemeinen Begriffen seien nur der der Kraft, der Masse und des Arbeitsvorrats (als potentielle und kinetische Energie) einzuführen. Nicht genug könne das Princip der Erhaltung der Energie in seinen verschiedenen Anwendungen betont werden. Wenn der Begriff der Arbeit gleich nach dem der Kraft etwa vermittelst der beim Heben von Gewichten geleisteten Arbeit eingeführt werde, so könne man schon bei den einfachen Maschinen zeigen, dass die geleistete Arbeit gleich der verbrauchten ist. Der Schüler werde dann später selbst auf die Gültigkeit des Princips achten. Auch werde dem Schüler durch die Erfassung des Satzes von der Erhaltung der Energie viel geistige Arbeit erspart, indem er statt lauter Einzelthatsachen sich ein allgemeines Princip merke, durch das er jene ihrem Wesen nach verstehe. Der Begriff des Potentials sei hingegen als zu schwierig von der Schule zu verbannen. Bei der Behandlung der Kinematik sei es ausserordentlich wichtig, dass die Beziehung zwischen Weg und Zeit graphisch dargestellt werde. Die Erläuterung dieser Darstellungsweise sei an möglichst vielen Beispielen zu geben (Temperatur- und Barometerstandscurven, Fiebercurven u. s. w.). Besonders sei die Curve für eine periodische Bewegung hervorzuheben. — Ein Lehrbuch, das in der eben skizzierten Weise die ganze Physik behandle, fehle uns noch. Die gebräuchlichen Lehrbücher seien auch vielfach bei weitem zu ausführlich. — Redner empfahl sodann die Pflege praktischer Übungen, welche eine Art Handfertigkeitsunterricht mit naturwissenschaftlichen Zielen darstellten, auch dazu dienten, dem Schüler die Grundbegriffe der Physik und Mathematik durch experimentelle Beispiele besonders scharf einzuprägen. Dabei seien die Versuche möglichst einfach zu wählen, auch keine Messungen physikalischer Constanten vorzunehmen. — Unbedingt notwendig sei es ferner, dass die Schüler angeleitet würden, von einem Apparat oder einer Versuchsanordnung mit ein paar Strichen eine Skizze zu entwerfen. Schliesslich bat der Vortragende die Anwesenden, sich solcher Schüler auch ausserhalb der Schulstunden anzunehmen, welche ein besonderes Interesse bekundeten, sie würden sich dadurch nicht nur den Dank dieser Schüler sondern auch den der Wissenschaft erwerben. — Redner besprach nun die Vorbildung der künftigen Lehrer auf der Universität. Bei der gegenwärtig herrschenden Vorbildung werde auf die Mathematik ein zu grosses Gewicht gelegt. Dieselbe solle von den Candidaten des h. Schulamts bis in die höchsten Gipfel beherrscht werden. Die Ursache hiervon liege in der eigenartigen Stellung, welche die Mathematik auf der Universität einnehme. Der Docent dieser Wissenschaft habe nur Zuhörer, die speciell Mathematik studieren oder sie als Hülfswissenschaft nötig haben. Er könne daher von den Studierenden Aufmerksamkeit und Fleiss erwarten. Auch brauche er ihnen nicht bestimmte Kenntnisse mitzuteilen, sondern richte oft sein Hauptaugenmerk darauf, die Studenten mathematisch denken zu lehren, ohne Rücksicht auf die praktische Verwendbarkeit der benutzten Probleme. Der Docent der Physik dagegen habe auch Mediciner, Chemiker u. s. w. unter seinen Zuhörern, für deren Bedürfnisse er sorgen müsse; er könne daher nicht so leicht in die Gefahr kommen, einseitig zu lehren. Ferner bestehe eine andere Stellung des mathematischen Studiums zum Schulunterricht wie bei den anderen Wissenschaften. Es träten nämlich in den höheren Gebieten der Mathematik fast durchweg neue Probleme auf, zu deren Verständnis die elementaren Schulkenntnisse nicht unbedingt erforderlich

seien. — Diesen Zuständen im mathematischen Studium gegenüber stellte Redner die Forderung auf, dass die Mathematik zunächst ohne die neuen Betrachtungen über Einzelheiten vorzutragen sei, auch dürfe die Geometrie nicht als Teil der Algebra, mit Determinanten u. s. f., behandelt werden. Als Muster in dieser Beziehung empfahl er die Engländer, bei denen auch das Aufsuchen der mathematischen Ansätze für physikalische Aufgaben besonders viel geübt werde. Damit auch wir dieser vorteilhaften Einrichtung teilhaftig würden, sei eine stärkere Betonung der elementaren mathematischen und physikalischen Seminare notwendig bei weniger abstrakter Behandlung der durchgenommenen Probleme. Auch sei die Beschäftigung mit der elementaren Schulmathematik nötig in allgemeinen Vorlesungen, die auch von Medicinern, Chemikern u. s. w. besucht würden. Ferner seien im Anschluss an die Experimentalphysik rechnerische Übungen vorzunehmen, wodurch die Sätze der Elementarmathematik mehr in Fleisch und Blut übergingen und zugleich der künftige Lehrer erkenne, wo dem Schüler besondere Schwierigkeiten entgegenträten. Daneben sei natürlich auch eine Reihe von Vorlesungen über Gegenstände aus der höheren Mathematik zu hören und Arbeiten in einem höheren mathematischen Seminar anzufertigen. — Was die Vorlesungen über Experimentalphysik angehe, so sollten diese unter keinen Umständen geschwänzt werden, da von den Studenten das hier nicht Gesehene niemals aus Büchern gelernt werden könne. Dass genannte Vorlesungen trotzdem vielfach geschwänzt würden, habe seinen Grund zum Teil darin, dass die Physik auf den Schulen zu ausführlich gelehrt werde, so dass die Studenten glaubten, auf der Universität nichts mehr lernen zu können. Da Mathematiker, Physiker, Mediciner, Pharmaceuten u. s. w. Experimentalphysik hörten, so stelle der Docent das Experiment in den Vordergrund und vermeide möglichst mathematische Ableitungen, die durch allgemeine Betrachtungen ersetzt würden. Dadurch werde bei den Studenten eine grössere Aufmerksamkeit erzielt. In den elementaren Teilen der Physik solle die Mathematik auch deshalb nicht mehr als nötig angewendet werden, weil hier vor allem die als Grundlage für den späteren Unterricht dienenden Vorstellungen und Begriffe gewonnen werden sollten. — Eine Hauptaufgabe der Docenten neben der Mitteilung der Thatsachen sei die Darstellung des sie umschliessenden einheitlichen Bandes, der Hypothesen über das Wesen der Materie, und wie daraus die Einzelthatsachen sich ergeben. Besonderes Gewicht sei auch hierbei auf das Gesetz von der Erhaltung der Energie zu legen sowie auf die Anwendung der physikalischen Thatsachen im Leben und der physikalischen Gesetze in den anderen Naturwissenschaften. — Viele der in den Vorlesungen über Experimentalphysik gesehenen Versuche könne der künftige Lehrer später im Unterricht wiederholen, manche der dort gehörten Entwicklungen benutzen. Den Gebrauch der Projektionslampe solle er jedoch möglichst vermeiden, da die Disciplin leicht darunter Not leide, die Schüler auch dem Mechanismus des Versuchs nicht zu folgen vermöchten und die Erscheinungen zu rasch an ihnen vorüberglitten. — An die Vorlesungen über Experimentalphysik sollten sich solche über theoretische Physik anschliessen, vor allem eine einleitende Vorlesung, in welcher die Grundgleichungen der verschiedenen Zweige entwickelt und aus ihnen die Hauptresultate abgeleitet würden. Dabei müsse die Physik, nicht aber die Mathematik im Vordergrund stehen, weshalb Redner seine theoretischen Entwicklungen stets mit Versuchen verbinde. — Als Ergänzung der Übersichtsvorlesung hätten sich an dieselbe Vorlesungen über einzelne Gebiete mit Besprechung der wichtigsten neu auftretenden Fragen anzugliedern. Daneben hätten Vorlesungen über Anwendungen der Physik (Elektrotechnik, physikalische Technologie mit Excursionen, Astrophysik, Spektralanalyse) stattzufinden. — Der Beginn der Teilnahme an den praktischen Übungen habe im zweiten Semester zu erfolgen. Dieselben seien etwa in der in dem Lehrbuch von Wiedemann und Ebert dargestellten Weise abzuhalten. Das Hauptgewicht sei darauf zu legen, dass die Studenten sich selbst durch Versuche und einfache Messungen vermittelst übersichtlicher Apparate die physikalischen Begriffe und die Principien der Methoden klar machten. Besondere Berücksichtigung hätten für den Lehrer wichtige Versuche zu finden. Dabei habe auch das Erlernen der einfachsten technischen Handgriffe wie Glasblasen, Löten, Wägen u. s. w. stattzufinden. — Wären die Studenten durch Ausführung einfacherer Übungen bis zu einem gewissen Grad fortgeschritten, so seien Übungen aus dem einen oder anderen Gebiet behufs tieferer Durchdringung in theoretischer oder experimenteller Hinsicht vorzunehmen, welche jedoch durchaus nicht auf Präcisionsmessungen (wie Bestimmung der magnetischen Erdconstante) hinauszulaufen brauchten, sondern viel besser in der Durcharbeitung eines Gebiets (z. B. der elektrischen Schwingungen) beständen. — In dem elementaren Prakticum, wo meist in Gruppen zu zweien gearbeitet werde, sei einem Mathematiker oder Physiker ein Chemiker oder anderer Student zuzuteilen. Dadurch könne der erstere für den Schulunterricht in pädagogischer Beziehung viel

lernen. — Einem Mathematiker und Physiker sei auch die Teilnahme an einem Repetitorium für Mediciner sehr zu empfehlen. Da könne er die Lücken, welche der Schulunterricht lasse, besonders gut kennen lernen. — Redner legte sodann eine Lanze für die Doktorarbeiten ein. Wenn auch zuweilen bei der Erwerbung des Doktorgrads Eitelkeit im Spiele sei, so seien doch schon die litterarischen Vorarbeiten für den Doktoranden nutzbringend, da frühere Arbeiten über den gewählten Gegenstand gelesen, ausgezogen und an ihnen Kritik geübt werden müsse. Dann komme die Überwindung der Schwierigkeiten bei der eigentlichen wissenschaftlichen Arbeit. Auch finde sich dabei für den Doktoranden Gelegenheit, manches aus anderen Gebieten der Wissenschaft, das ihm unklar geblieben sei, mit dem Docenten zu besprechen. Die Folge der Erreichung des Ziels sei die Hebung des wissenschaftlichen Selbstvertrauens der Studenten. Für den künftigen Lehrer habe die Anfertigung der Doktorarbeit noch den besonderen Wert, dass die litterarischen und experimentellen Vorarbeiten seiner späteren Schulthätigkeit zu Gute kämen. — Nunmehr besprach der Vortragende die Anleitung der Schulamtscandidaten zur Anstellung von Vorlesungsversuchen, welche am besten an besonderen Anstalten geschähe. Da diese jedoch nicht existierten, so müsse jeder in dieser Beziehung sein eigener Lehrer sein. Die Folge seien bei manchen missglückte Versuche, Lockerung der Disciplin und schliesslich Aufhören jeder experimentellen Demonstration. Damit hierin unter den bestehenden Verhältnissen Wandel geschaffen werde, müsse für die letzten Semester der Candidaten d. h. Schulamts ein besonderes Seminar zur Ausführung der wichtigsten Schulversuche mit möglichst einfachen Apparaten, verbunden mit Vorträgen, eingerichtet werden. Die zugehörige Sammlung könne zugleich als Mustersammlung für Schulen dienen. — Zum Schluss wies Redner darauf hin, dass die Physiker auch Chemie hören und im chemischen Laboratorium arbeiten sollten. Bei der Staatsprüfung solle die Darstellung eines Körpers (*O*, *H*, *Cl* u. s. w.) verlangt werden, wodurch manche Gefahr auch für den Physikunterricht vermieden werden würde. Die betreffende Ausbildung hätte in einem besonderen Cursus für Lehramtscandidaten unter Zurücktreten der Analyse zu geschehen. — Damit die vorgetragenen Ansichten zu verwirklichen seien, müsse zunächst die vorherrschende Stellung, welche die Mathematik bei der Ausbildung der Schulamtscandidaten einnehme, beseitigt werden, was Redner durch Änderung der Prüfungsvorschriften für erreichbar hält. (Schluss folgt.)

Physikalische Gesellschaft zu Berlin.

Sitzung am 15. December 1893. Herr A. du Bois-Reymond berichtete über Otto Lilienthals Versuche, das Fliegen zu lernen. (Vgl. Lilienthal, *Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst. Berlin, R. Gaertner. Prometheus Nr. 55, 204, 205.*) — Herr H. Haensch erläuterte darauf an grossen Modellen die Construction der verschiedenen Nicolschen Prismen.

Sitzung am 5. Januar 1894. Herr A. Kundt gedenkt des herben Verlustes, den die Gesellschaft durch den Tod ihres Mitgliedes Heinrich Hertz erlitten hat. — Herr O. Lummer sprach dann nach gemeinsam mit Herrn E. Brodhun angestellten Versuchen über die Prüfung der Siemensschen Platin-Lichteinheit und über die Herstellung der Violle-Lichteinheit auf elektrischem Wege.

Correspondenz.

Herr Dr. F. Niemöller in Osnabrück setzte auch in diesem Sommer die Schülerübungen mit 16 Untersecundanern fort.

Über die Denkaufgabe (dieses Heft S. 33) schreibt uns Herr Prof. E. Mach:

Vor 30 Jahren, als die Anwendungen der Thermodynamik auf Elektricität noch neu waren, dachte ich bei dem Riessschen Versuch durch langsames Zusammenlegen der Franklin-Tafel den schwer mechanisch zu bewertenden Funken zu vermeiden, um die ganze elektrische Energie im metallischen Schliessungsbogen in Wärme umzusetzen. Ich war zuerst recht überrascht, gar nichts zu erhalten, obgleich ich dies hätte voraussehen können. Bald wurde mir klar, dass hier die Armmuskeln die elektrische Arbeit aufnehmen, und dass sich der ganze Vorgang noch durchsichtiger in Form des S. 34 angegebenen umkehrbaren Processes darstellen lässt.

Himmelserscheinungen im November und Dezember 1894.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♁ Erde, ☉ Sonne, ♂ Mars,
♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☌ Conjunktion, □ Quadratur, ☍ Opposition.

Monatstag	Nov. 2	Nov. 7	Nov. 12	Nov. 17	Nov. 22	Nov. 27	Dez. 2	Dez. 7	Dez. 12	Dez. 17	Dez. 22	Dez. 27	
Heliocentrische Längen.	3°	29	59	90	120	147	170	190	207	223	237	251	☿
	203	211	219	227	235	243	251	259	267	275	283	291	♀
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	91	96	♁
	35	38	41	43	46	49	52	54	57	60	63	65	♂
	87	87	88	88	89	89	89	90	90	91	91	92	♃
	208	209	209	209	209	209	209	209	210	210	210	210	♄
Aufst. Knoten.	359°	359	358	358	358	358	357	357	357	357	356	356	☾
Mittl. Länge.	272	338	44	110	176	242	308	14	80	145	211	277	☾
Geocentrische Rectascensionen.	276°	338	36	113	180	244	311	6	74	158	214	281	☾
	234	230	224	220	220	223	229	236	243	251	259	268	☿
	211	217	223	230	236	243	249	256	263	270	276	283	♀
	218	223	228	233	238	243	249	254	260	265	271	276	☉
	23	21	21	20	20	20	20	21	22	23	25	26	♂
	97	97	96	96	95	95	94	94	93	92	92	91	♃
	208	209	209	210	210	211	211	212	212	213	213	214	♄
Geocentrische Deklinationen.	−28°	−12	+18	+27	−0	−26	−22	+4	+28	+14	−17	−28	☾
	−22	−19	−16	−13	−13	−14	−16	−18	−20	−22	−23	−24	☿
	−11	−14	−16	−18	−19	−21	−22	−23	−24	−24	−24	−24	♀
	−15	−16	−18	−19	−20	−21	−22	−23	−23	−23	−23	−23	☉
	+8	+8	+8	+8	+8	+8	+9	+9	+10	+10	+11	+12	♂
	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	♃
	−9	−9	−10	−10	−10	−10	−10	−10	−11	−11	−11	−11	♄
Aufgang.	$19^h 2^m$	19.11	19.20	19.29	19.38	19.46	19.53	20.0	20.5	20.9	20.12	20.14	☉
	$0^h 43^m$	2.31	3.23	7.30	14.47	21.32	0.10	1.4	2.47	9.46	16.42	21.50	☾
Untergang.	$4^h 27^m$	4.18	4.9	4.2	3.56	3.51	3.47	3.44	3.44	3.44	3.46	3.50	☉
	$6^h 50^m$	12.58	19.41	0.26	1.53	3.12	8.11	14.22	21.24	23.51	0.35	3.31	☾
Zeitglchg.	$-16^m 19^s$	−16.11	−15.43	−14.53	−13.42	−12.11	−10.23	−8.19	−6.3	−3.39	−1.10	+1.20	☉

Daten für die Mondbewegung (in Berliner Zeit):

November				Dezember			
November 4	11^h		Mond in Erdferne	Dezember 2	8^h		Mond in Erdferne
„ 5	4	10^m	Erstes Viertel	„ 5	1	9^m	Erstes Viertel
„ 12	20	43	Vollmond	„ 12	8	39	Vollmond
„ 16	9		Mond in Erdnähe	„ 14	4		Mond in Erdnähe
„ 19	15	2	Letztes Viertel	„ 19	0	9	Letztes Viertel
„ 26	21	48	Neumond.	„ 26	15	14	Neumond
				„ 30	1		Mond in Erdferne.

Constellationen. November: 10 8^h ☿ untere ☌ ☉, wird Morgenstern; unsichtbarer ☿-Durchgang vor ☉; 10 20^h ♂ ☌ ☾; 12 5^h ♀ ☌ ☿; 14 17^h ☿ in Sonnennähe; 15 23^h ♃ ☌ ☾; 24 12^h ♄ ☌ ☾; 25 9^h ☿ ☌ ☾; 26 22^h ♀ ☌ ☾; 27 5^h ☿ in grösster westlicher Elongation; 30 4^h ♀ obere ☌ ☉, wird Abendstern. — Dezember: 8 7^h ♂ ☌ ☾; 13 3^h ♃ ☌ ☾; 21 9^h ☉ im Steinbock, Winter-Solstiz; 21 23^h ♄ ☌ ☾; 22 15^h ♃ ☍ ☉; 25 21^h ☿ ☌ ☾; 27 5^h ♀ ☌ ☾; 28 16^h ☿ in Sonnenferne.

Meteore. Die Lenoiden im November werden, ebenso wie Meteore vom 8.—11. Dezember, in ihrer Sichtbarkeit durch den Mondschein arg beeinträchtigt werden. Dagegen ist für die Zeit vom 22.—26. November eine schwache Zunahme wenn nicht wahrscheinlich, doch auch nicht ausgeschlossen.

Veränderliche Sterne. Algols-Minima treten ein November 7 13^h, 10 10^h, 13 7^h, 27 15^h, 30 11^h; Dezember 3 8^h, 6 5^h, 23 10^h, 26 7^h. — Im Übrigen vergleiche die Angaben für September und Oktober.

J. Plassmann, Warendorf.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Otto Lange in Berlin C.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

VIII. Jahrgang. **Zweites Heft.** Dezember 1894.

Zur Lehrmittelfrage.[1])

Von
Professor **B. Schwalbe,**
Direktor des Dorotheenstädtischen Realgymnasiums in Berlin.

1. Als im Laufe der sechziger Jahre der Unterricht in den Realien anfing aufs neue emporzublühen, musste auch die Frage der Unterrichtsmittel und ihrer Beschaffung unmittelbar wieder zur Erörterung kommen; denn ohne einen geeigneten Lehrapparat und ohne Anschauungsmittel wird sich der gesamte naturwissenschaftliche Unterricht und die Berücksichtigung der Realien überhaupt nicht erfolgreich durchführen lassen. Wenn in dem Unterricht in den klassischen Sprachen die Einführung in die Kenntnis des Lebens und Schaffens der antiken Welt verlangt wird, so müssen die Darstellungen der vorzüglichsten Bauwerke, die Abbildungen der Schauplätze, auf denen sich die Ereignisse zutrugen, Darstellungen der Waffen, Bekleidung, Hauseinrichtungen in irgend einer Form vorhanden sein; es wird sonst das lebendigste Wort, der anregendste Vortrag immer eines der Momente, das dem Schüler am meisten zur Einprägung verhilft, der direkten Anschauung, entbehren müssen.

In den Naturwissenschaften sind die Lehrmittel ein noch viel notwendigeres Bedürfnis. Hier soll der Schüler lernen, Gesehenes richtig aufzufassen, aus demselben zu schliessen, und dann Gesetze zu finden; er soll am Realen, auf Grund des selbst Wahrgenommenen und Beobachteten, denken lernen. — Es wird daher die Herrichtung der Unterrichtsmittel nicht blos in der Reproducierung eines beliebigen Apparates bestehen dürfen, sondern der Apparat muss derartig construiert sein, dass das Hauptsächlichste hervortritt und alle Teile wahrnehmbar sind; er muss die grösstmögliche Einfachheit mit der grösstmöglichen Zweckmässigkeit verbinden. Es werden also hier, wie bei den Zeichnungen und Modellen für den naturwissenschaftlichen Unterricht, noch andere Forderungen zu erfüllen sein als bei den Zeichnungen für die Anschauung; bei diesen werden Naturtreue, geeignete Grösse und Gruppierung der Gegenstände und Ähnliches viel leichter erreicht als jene idealen Anforderungen, die natürlich nebenher auch die sonstigen in sich schliessen.

Wie beschränkt die meisten Lehranstalten in den Unterrichtsmitteln in den

[1]) In Heft 5 des VII. Bandes dieser Zeitschrift hat Herr K. Noack in der Abhandlung „Beiträge zur Lehrmittelfrage“ (S. 217—225)“ eine Reihe von Vorschlägen und Bemerkungen veröffentlicht, welche auch von anderer Seite schon vor längerer Zeit begründet und angeregt waren, wie denn überhaupt die Übelstände, die auf dem Gebiete der Lehrmittelbeschaffung vorhanden sind, schon mannigfach (wie bei den Universitätslehrern und Behörden) Beachtung gefunden haben. Vielleicht gelingt es den aus den Schulkreisen hervorgehenden Wünschen eine Beteiligung der Schulbehörden selbst bei der Lösung der Frage herbeizuführen. Die hier gegebene Abhandlung ist aus einer Reihe von Vorträgen, die der Verfasser in verschiedenen Versammlungen, ehe die Noacksche Abhandlung erschienen war, gehalten hat, hervorgegangen.

Jahren 1840—60 waren, dessen weiss sich die ältere Generation noch sehr gut zu erinnern; hatten doch viele Gymnasien kaum irgend eine Lehrmittelsammlung, von den Verhältnissen bei Volks- und Mittelschulen zu geschweigen. Als die neuen Pläne erschienen, die den Unterricht in den Realien mehr betonten, war es natürlich, dass auch der vorliegenden Frage eingehendere Beachtung geschenkt wurde. Die Produktion an Lehrmitteln hatte mehr und mehr zugenommen, eine Fülle der besten Anschauungsobjekte war geschaffen, eine Mannigfaltigkeit des Materials auf allen Gebieten stand zu Gebote, eine Überproduktion in allen Zweigen der Lehrmittelherstellung hatte sich entwickelt, so dass hieraus wiederum für die richtige Verwertung und Beschaffung des Unterrichtsmaterials eine neue Schwierigkeit entstand, die Übelstände herbeiführte, fast so gross wie der frühere Mangel an geeignetem Material. Verschiedene Vorschläge, diese Beschaffungen zweckmässig zu gestalten, eine Möglichkeit, die Unterrichtsmittel selbst vor der Beschaffung kennen zu lernen, wurde gefordert: das Bedürfnis nach Schulmuseen wurde dringender, da man demselben bis jetzt nur in geringem Umfange entgegengekommen war; die Frage erhielt eine neue Anregung durch die Unterrichtsausstellung in Chicago, welche seitens des Königl. Ministeriums gelegentlich der Weltausstellung 1893 veranstaltet wurde. Da war Veranlassung das ganze Gebiet zu überblicken, ungefähr zu sehen, was geleistet war an Unterrichtsmitteln, Unterrichtseinrichtungen und Organisation des Unterrichts, und es wurde in den weitesten Kreisen der Wunsch laut, eine entsprechende Ausstellung in Deutschland selbst vorgeführt zu sehen, die einen Einblick in das gesamte Bildungswesen der Nation gestatten würde.

Wenn es die Pflicht eines jeden Fachlehrers ist, sich mit den besten Unterrichtsmitteln für den Gegenstand, den er vertritt, bekannt zu machen, so muss andrerseits ihm Gelegenheit gegeben werden, dies in zweckmässiger Weise erreichen zu können. Da die Verhältnisse auf den einzelnen Gebieten ähnlich liegen, so wird die Darlegung der Frage mit specieller Berücksichtigung eines Gebietes auch für diejenigen, welche dies nicht direkt betreiben, als Vergleichsmaterial dienen können. Seit einer langen Reihe von Jahren habe ich mich mit den Lehrmitteln für den chemischen und physikalischen Unterricht beschäftigt, indem zugleich für mich Veranlassung vorlag, auch die Unterrichtsmittel in den übrigen Naturwissenschaften eingehender und, in der Stellung des Leiters einer Anstalt, ebenso die der übrigen Unterrichtsfächer wie Zeichnen, Altertumskunde, Geschichte u. s. w. zu berücksichtigen. — Bei der vorliegenden Frage sind die Unterrichtsmittel für die Hochschulen vollständig auszuscheiden, ebenso auch die für besondere technische Anstalten und nur die für Volks- und Mittelschulen bestimmten können mit Berücksichtigung finden. Gewisse Lehrmittel sind allerdings vorhanden, die auf allen drei Stufen zur Verwendung und Vorführung kommen müssen (z. B. Luftpumpe, Barometer etc.); aber der Zusammenhang zwischen den drei Kategorieen von Lehranstalten ist, was in den äusseren Verhältnissen bedingt sein mag, augenblicklich noch ein sehr geringer, da zwischen den Hochschulen und den übrigen Anstalten so gut wie gar keine Verbindung vorhanden ist, während die Mittelschulen, die Gymnasien, Realgymnasien und Ober-Realschulen und die entsprechenden sechsklassigen Anstalten, also auch die höheren Bürgerschulen, mit der Volksschule schon vielfach Fühlung genommen haben.[2]) Ausgeschlossen sollen auch die Lern-

[2]) Dass es für die Schulen notwendig ist, auch in nähere Beziehung zu den Hochschulen zu treten, und dass sich beide gegenseitig zu unterstützen haben, soll anderweitig erörtert werden.

mittel bleiben, d. h. die Materialien, die der Schüler zur Aneignung des Stoffes braucht, wenngleich dieselben sich nicht vollständig scharf von den Lehrmitteln scheiden lassen, wie dies bei den Unterrichtsbüchern der Fall ist. Die Lehrbuchfrage ist freilich grade bei der durch die neuen Lehrpläne hervorgerufenen, fast fabrikmässig emporblühenden Fertigstellung von neuen Lehr- und Handbüchern, Leitfäden, Lehrgängen und Umarbeitungen älterer Bücher eine solche, die wohl einer eingehenden Erörterung bedürfte, um so mehr, als noch nicht einmal eine Einigung über wichtige allgemeine Gesichtspunkte erzielt ist, wie z. B., ob es zweckmässig ist, bei neunklassigen Anstalten ein besonderes Lehrbuch für Unter-Secunda einzuführen und ob dies dieselben Bücher sein können wie die für sechsklassige Anstalten oder nicht, und sie sich vielmehr dem grösseren Lehrbuche der oberen Klassenstufen organisch anzuschliessen haben; auch ist man über den Stoffumfang für die Abschlussstufe sehr verschiedener Meinung: herrscht doch in einigen Lehrbüchern für Unter-Secunda eine Stofffülle, eine Zusammenhäufung von Material, das für die betreffende Klassenstufe viel zu schwierig ist, wenn Verständnis herbeigeführt werden soll, so dass man wohl zu dem Zweifel berechtigt ist, ob über den Zweck des für die Schüler bestimmten Lehrbuchs überhaupt Klarheit vorhanden ist.

Dass die Wichtigkeit der Lehrmittelfrage besonders für den physikalischen und chemischen Unterricht anerkannt ist, zeigen verschiedene Veröffentlichungen in dieser Zeitschrift, und ihrer Bestimmung gemäss, sollen denn auch aus diesem Grunde hauptsächlich nur die chemischen und physikalischen Lehrmittel in Betracht gezogen werden.

Interessant wäre es, auf die historische Entwicklung der Lehrmittelfrage einzugehen: es liesse sich zeigen, wie sich allmählich, ähnlich wie beim Universitätsunterrichte, eine Steigerung des Bedürfnisses nach fertigen Apparaten herausgebildet hat. Während in früheren Zeiten die Schulen und Universitäten vielfach auf die Apparate angewiesen waren, welche die Lehrenden selbst her- oder zusammenstellten, sind jetzt die Erwerbungen fertiger Apparate an die Stelle getreten; es sind Schulkabinette vorhanden, die den Universitätssammlungen im Anfang der sechziger Jahre überlegen sind. Auch erklärt sich daraus, dass an manchen Schulen, an denen die Lehrer die erforderliche Vorbildung im Experimentieren nicht hatten und Apparate nicht herstellen konnten, noch in den fünfziger Jahren Lehrbücher im Physikunterricht vorgelesen wurden oder der Physikunterricht ausschliesslich dem Rechnen diente; kam es doch Anfang der sechziger Jahre noch vor, dass selbst in der Chemie nicht ein Experiment angestellt wurde! Grosses Interesse würde es auch darbieten, einen Vergleich der früheren und jetzigen Unterrichtsmittel anzustellen und solche Apparate neben einander vorzuführen, die zu verschiedenen Zeiten demselben Zwecke dienten. An vielen Anstalten sind noch Elektrisiermaschinen, Luftpumpen, Hebelapparate aus der Mitte dieses Jahrhunderts vorhanden, sie werden bei Seite gesetzt und verkommen; wie manche zweckmässige Einrichtung, wie manche Andeutung für Anstellung von Experimenten könnte denselben nicht entnommen werden, wenn dieselben gesammelt, zusammengestellt und zugänglich gemacht würden! Für spätere Zeiten ist eine solche historische Sammlung von dem grössten Nutzen, aber nur zu ermöglichen, wenn jetzt schon damit begonnen wird.

Auch die Mittel und Wege, durch welche in anderen Ländern die Lehrmittel beschafft werden, könnten manche vielleicht zu berücksichtigende Gesichtspunkte ergeben. In einigen ist die staatliche Behörde in dieser Beziehung allein

massgebend, die Lehrmittel werden vorgeschrieben, die Neubeschaffung, die Benutzung sind behördlich geregelt, die einzelne Anstalt hat keine Freiheit und Individualität, überall Gleichmässigkeit! Anderweitig werden die Unterrichtsmittel direct durch die Communalbehörde (wie bei den Gemeindeschulen) oder durch besondere Stiftungen und Institute, durch welche die Lehranstalten erhalten werden oder aus denen sie hervorgegangen sind, beschafft. Diese Einrichtungen näher zu erörtern, würde den zur Verfügung stehenden Raum weit überschreiten.

Deshalb können auch die Verhältnisse, die im allgemeinen bei der Beschaffung der Lehrmittel für unsere Mittelschulen die allein bindenden sind, die Etats, einer näheren Besprechung nicht unterzogen werden. Dass hierin nach der Grösse der Anstalt resp. nach den Mitteln, welche eine Stadt überhaupt aufzubringen vermag, bedeutende Unterschiede bestehen müssen, ist an und für sich klar, aber bei vielen Anstalten sind die Mittel so unzureichend bemessen, dass eine gedeihliche Entwicklung und Förderung des Unterrichts, soweit derselbe hiervon abhängt, nicht möglich ist, während andrerseits Anstalten, namentlich städtischen Patronats, so reiche Sammlungen besitzen und so weitgehend ausgestattet sind, dass der Apparat weit über das Schulbedürfnis hinausgeht. Die in den Etats vorhandenen Verschiedenheiten sind vielmehr durch äusserliche Gründe als durch die Sache selbst bedingt. So hat man in Berlin, wenn sechsklassige Anstalten gegründet wurden, ihnen für Unterrichtsmittel denselben Etat wie neunklassigen Anstalten gegeben, bei denen noch dazu besondere Aufwendungen für praktische Arbeiten in Laboratorien, bei einer weit grösseren Stundenzahl für den Gegenstand selbst, vorhanden sind. Die Folge muss sein, dass sich dort die Lehrmittelsammlungen sehr reich entwickeln, während an den anderen Anstalten die Entwicklung nicht mit der Zeit Schritt halten kann. So ist in Berlin für die sechsklassigen Realschulen für den Physikunterricht (400 Mark), Zeichnen (150), Gesang (100), dieselbe Summe angesetzt, wie für die neunklassigen Anstalten (incl. der Luisenstädtischen Ober-Realschule) und für Chemie 200 Mark, also nur 100 Mark weniger als am Realgymnasium und an der Ober-Realschule, obgleich dort gar keine Schüler im chemischen Laboratorium arbeiten und der chemische Unterricht nur ein Jahr mit zwei Stunden durchgeführt wird, während an der neunklassigen Anstalt oft 20—40 Schüler an den wöchentlichen praktischen Übungen teilnehmen und der chemische Unterricht ein halbes Jahr auf der Unterstufe und dann in zwei Stunden wöchentlich, abgesehen von den Laboratoriumsarbeiten in O II, U I und O I erteilt wird. Dazu kommt noch, dass vielfach auf die individuelle Entwicklung der Anstalten gar keine Rücksicht genommen ist. Bei manchen Anstalten sind für die Verbrauchsgegenstände besondere Summen angesetzt, bei manchen sind die Etats für die einzelnen Zweige gegen einander gar nicht spezificiert, so dass willkürlicher Überverbrauch für einen Zweck stattfinden kann. Welche Übelstände bei diesen Verhältnissen vorhanden sind, das ist in den Kreisen der Fachlehrer hinlänglich bekannt. Was erforderlich wäre, ist zunächst die Festsetzung einer Minimalsumme für jeden Unterrichtsgegenstand und jede Kategorie von Anstalten — in Beziehung zu der Grösse der betreffenden Stadt; der Staat sollte keine Schule anerkennen, bei der nicht ein solcher Minimaletat erfüllt wäre. Die Summen, um die es sich handelt, sind so unbedeutend, die Förderung, die durch diese Regelung eintreten würde, ist so gross, dass solche Festsetzungen, die sowohl für die laufenden Etats wie für die Ersteinrichtung der Sammlungen zu machen wären, nur Billigung finden würden.

Abgesehen von dieser durch den Etat gezogenen Schranke herrscht nun bei unseren Mittelschulen in betreff der Lehrmittel die unumschränkteste und ungebundenste Freiheit, die an Willkür grenzt. Nur durch die Stellung des Leiters zu der Beschaffung der Lehrmittel kann dieselbe beschränkt werden, eine Beschränkung, die oft mehr nachteilig als förderlich gewesen ist, namentlich wenn die Leiter der Anstalt nicht festhalten, dass jeder Unterrichtsgegenstand eine gewisse Summe gebraucht, und die Verteilung der Summe nach subjektivem Ermessen oder eigener Neigung festsetzen. Es müsste eigentlich der Dirigent so weit mit den einzelnen Unterrichtsmitteln vertraut sein, um beurteilen zu können, ob die Anschaffung der Lehrmittel für den Unterricht zweckmässig und notwendig ist oder nicht. Sind doch die Klagen immer noch nicht verstummt, dass die für naturwissenschaftliche Lehrmittel bestimmten Summen zum Teil für die Bibliothek verwandt werden und dass einzelne Zweige der Naturwissenschaften bei den Beschaffungen so gut wie keine Berücksichtigung finden!

Man wird bei der ganzen Frage nicht von den Verhältnissen grosser Städte, namentlich nicht von Berlin ausgehen dürfen, wo es, wenn auch in umständlicher Weise, oft möglich ist, sowohl durch eigene Anschauung, als durch persönlichen Verkehr sich Garantien für Erlangung möglichst guter Lehrmittel zu verschaffen; sind doch in dieser Beziehung die Lehrer in den kleinen Städten in viel ungünstigerer Lage! Überall sollte darauf Rücksicht genommen werden, dass die Beschaffung der Lehrmittel Zeit erfordert und eine Mühewaltung in sich schliesst, die, wenn man bedenkt, dass auch die Instandhaltung der Sammlungen mit dahin gehört, anderen bei anderen Fächern so oft hervorgehobenen Forderungen ausserhalb der Unterrichtsstunden gegenüber mindestens äquivalent ist, namentlich wenn man dazu noch die so wichtigen unumgänglich nötigen praktischen Vorbereitungen für den naturwissenschaftlichen Unterricht rechnet. Aber hier spielt der eine Faktor, die Individualität eine ebenso grosse Rolle wie auch im Unterricht selbst. Die Bequemlichkeit, die bei einem anstrengenden Berufe leicht da hervortritt, wo nicht die unmittelbare Pflichtforderung controllierbar zu Tage liegt und der Umstand, dass mancher früher nicht imstande war, sich mit den Schullehrmitteln zu befassen und sich nun schwer in die Sache hineinfindet, veranlassen viele, die Beschaffung dem Zufall zu überlassen.

2. Die Wege, durch welche heut zu Tage die Lehrmittel beschafft werden können, sind im wesentlichen die folgenden:

Eine Anzahl von Geschäften hat es sich zur Aufgabe gestellt, Lehrmittel jeglicher Art zu vertreiben und zugänglich zu machen. Diese Lehrmittelhandlungen (vgl. Anhang) geben mehr oder weniger ausführliche Kataloge (oft mit schematischen Abbildungen) heraus, die zugeschickt oder käuflich erworben werden können. Die Kataloge enthalten meist keine specielleren Angaben über die Beschaffenheit und Zweckmässigkeit der Lehrmittel. Der einzelne Lehrer sucht also, wenn er sich an die Handlung wendet, die Apparate oder Gegenstände heraus, welche er gerade gebraucht, wesentlich mit Rücksicht auf den Preis, den er anwenden kann, oder auf Grund anderweitiger Empfehlung. Einzelne nehmen auch gelegentliche Reisen nach Berlin oder Ausstellungen bei Versammlungen wahr, um sich über neuere Unterrichtsmittel zu orientieren oder Bestellungen von Apparaten nach Besichtigung derselben bei einzelnen Firmen zu machen. Vielleicht könnten die Feriencurse in der Weise mit nutzbar gemacht werden, dass

die Teilnehmer, nachdem sie sich über die Beschaffenheit des Lehrapparats an ihrer Anstalt unterrichtet haben, unternehmen, die für das betreffende Jahr erforderlichen Ergänzungen zu beschaffen oder auch schon früher besonders gewünschte Apparate zu besichtigen und der Anstalt zur Anschaffung zu empfehlen, wenn sie nicht selbst zur Beschaffung ermächtigt sind. In ähnlicher Weise verfährt man auch bei den Lehrmitteln auf den anderen Gebieten.

Vielfach werden nun die Apparate nicht direkt zu Schulzwecken angefertigt und sind daher für den Schulgebrauch d. h. zur unmittelbaren Demonstration wenig brauchbar. Ein Schulapparat soll, wie hervorgehoben, andere Zwecke erfüllen als ein für wissenschaftliche Versuche bestimmter, als ein Universitätsapparat; er muss einfach und leicht zu übersehen sein, muss womöglich in allen seinen Teilen controllierbar, gut gearbeitet und dabei billig, zweckmässig und einfach, sein, wobei es selbstverständlich ist, dass er auch gut funktionieren muss. Wie unzweckmässig sind z. B. die käuflichen Barometer für den Schulgebrauch; da sind Barometer, wo nur der obere Teil der Skala, oft noch nach Pariser Zoll, ausgeführt ist, wo die Einrichtung des Gefässes sich nicht zeigen lässt, Heberbarometer, wo die Skala ebenfalls nur stellenweise ausgeführt ist, mit solcher Einrichtung, dass eine künstliche Vermehrung oder Verminderung des Druckes sich nicht anbringen lässt; viele Beispiele liessen sich noch anführen, wo kleine Umänderungen an den gewöhnlichen Apparaten für den Unterricht wesentlichen Vorteil bringen würden. Auch hier fehlt die Möglichkeit des Vergleichs; zwar sind in denselben Handlungen, die mit Werkstätten verbunden sind, und nur solche sind hier gemeint, dieselben Apparate in verschiedener Grösse und Ausstattung vorhanden und gestatten eine beschränkte Auswahl, aber andere Construktionen, Apparate anderer Mechaniker sind damit nicht vergleichbar. — Wie viel Mittel wären gespart, wenn bei der Einführung der Dynamomaschine in den Unterricht verschiedene Modelle den einzelnen Fachlehrern gleichzeitig zugänglich gewesen wären!

Die Beschaffung von Präcisionsinstrumenten, wie sie die wissenschaftliche Forschung verlangt, gehört nicht in die Schule, und die Schulsammlung als solche hat für dieselben nicht Sorge zu tragen, wogegen freilich Apparate vorhanden sein müssen, an denen Methoden von Messungen demonstriert werden können, denn von der Schwierigkeit und der Genauigkeit der Maassbestimmungen müssen die Schüler eine Vorstellung erhalten.

In vielen Fällen hat dieser Weg der Beschaffung auch noch den Übelstand, dass er zur Beschaffung von Apparaten führt, die nicht unbedingt erforderlich sind. Um die Spannkraftgesetze auseinanderzusetzen, werden die einfachen Daltonschen Versuche resp. die barometrischen Methoden direkt durch den Lehrer vorzuführen sein, für die er das Erforderliche jedesmal bei diesem Abschnitte vorzubereiten hat, notwendig ist der fertige und vollständige Apparat, der ziemlich kostspielig ist, nicht. Wohl aber sind diese Apparate sehr willkommen bei den Repetitionen oder bei anderen Teilen der Physik, in denen auf die Spannkraftsbeziehungen rekurriert werden muss, denn da kann der Lehrer die Versuchsreihe nicht wieder vorbereiten und gerade für diese Zwecke ist dann eine weitergehende Sammlung besonders erwünscht, während auch die fertigen complicierteren Apparate bei der ersten Klarlegung der Gesetze immer durch einfache Darlegungsversuche begründet werden müssen. Beiläufig mag hier auch erwähnt werden, dass da, wo praktische Schüler-Übungen in naturwissenschaft-

lichen Disciplinen namentlich in der Physik eingeführt sind, es zweckmässig ist, für diese eine besondere Sammlung zu besitzen.

Wie wenig die Kataloge verschiedener Art zur Beschaffung zweckmässiger Lehrmittel unmittelbar führen, dafür nur von vielen Beispielen eins. Es ist bei grossen Anstalten gewiss zweckmässig, eine Reihe von Elektrisiermaschinen zu beschaffen und so ist auch vielfach die Wimshurst-Elektrisiermaschine (Lisser's parva) beschafft worden. Dasselbe ist aber auch für Schulen geschehen, die diese Maschine als einzige benutzen wollten. Wenn man selbst davon absieht, dass das gute Funktionieren oft von nicht bestimmbaren Faktoren abhängt, so ist die Erklärung der Maschine eine so schwierige, dass diese Elektrisiermaschine für Realschulen und Volksschulen durchaus unzweckmässig ist; denn das wird man vor allem bei Verwendung der Apparate festhalten müssen, dass in der Schule möglichst nur solche Apparate zur Verwendung kommen, deren Funktionierung vollständig sicher und verständlich ist, und zu deren Verständnis die ausreichenden Grundlagen gegeben werden können. Die Auffassung von 14- oder 16jährigen Schülern ist aber nicht eine derartige, dass man ihr dasselbe zumuthen kann, wie dem gereifteren Alter.

Viel leichter als auf dem Gebiete der Physik und Chemie ist die Beschaffung der Unterrichtsmittel auf diesem Wege in der Zoologie. Hier giebt es eine Reihe von Firmen, die eine so umfassende Auswahl von Objekten darbieten, dass man leicht das Geeignete herausfinden kann; noch einfacher ist die Sache auf dem Gebiete der Mineralogie, wo eine Reihe von Handlungen sowohl im Einzelverkauf wie in der Zusammenstellung der Sammlungen es den Schulen jeder Kategorie leicht ermöglicht, sich billig mit dem Anschauungsmaterial zu versehen. Schwierigkeiten, dasselbe zu beschaffen, macht es nur, wenn die Methode beim Unterricht verfolgt wird, wie in der Botanik, dass jeder Schüler das Naturobjekt, welches er beobachten und an dessen Betrachtung er Schlüsse ziehen soll, selbst erhält. Die Wege, welche sich da für Zoologie und Mineralogie gehen liessen, können hier, wo nur die Frage im Allgemeinen besprochen wird, nicht näher erörtert werden; wahrscheinlich ist, dass, wenn diese Methode allgemein eingebürgert würde, auch die Naturalienhandlungen Objekte derselben Art und von zweckmässiger Beschaffenheit für geringen Preis beschaffen werden. Es würde dann die Sache eine Etatsfrage der einzelnen Anstalt werden. (Man vgl. in betreff der Mineralogie: Otto Ohmann, *II. Ein Plan zur Beschaffung von Mineralien, Programm des Humboldts-Gymnasiums 1894, Pr. No. 57, wissenschaftliche Beilage.*) Auch haben viele Lehrer schon aus eigenem Antriebe solche Sammlungen für ihre Schulen angelegt (Serien derselben Insektenspecies u. s. w.).

Ganz besonders wünschenswert und notwendig wäre es aber auch auf diesem Gebiet, wenn für die Möglichkeit, die einzelnen Tafeln und Modelle, Zeichnungen und Abbildungen zu vergleichen, durch besondere Veranstaltungen gesorgt würde. Auf diesem Gebiete herrscht namentlich für die Zoologie und Botanik fast eine Überproduktion; viel leichter erkennt man die Mängel und Vorzüge, wenn Serien verschiedener Tafel-Sammlungen mit einander verglichen werden! Wie selten kommt es verhältnismässig vor, dass klar auf der Hand liegende Mängel (z. B. Fehlen der Grössenangabe, unrichtige Stellung u. s. w.) vermieden sind; man kauft die betreffenden Tafeln, die von der einzelnen Handlung empfohlen werden, weil sie brauchbar und verwendbar sind und sieht über die Mängel fort. Nun ist der Absatz auf diesem Gebiete ein nicht bedeutender, die Herstellungskosten sind verhältnis-

mässig grosse, und so kommt es, dass oft ziemlich veraltete Abbildungen, bisweilen sogar mit Fehlern, sich lange im Gebrauch halten und dass solche Abbildungen mit ihren Fehlern sich in Lehrbüchern wiederfinden; es mag hier aus dem physikalischen Gebiete nur auf Abbildungen von Telegraphenanlagen mit zwei Stationen hingewiesen sein. Auch auf diesem Gebiete giebt es Buchhandlungen, welche den Vertrieb concentriert haben, wodurch wenigstens eine kleine Erleichterung geschaffen wird.

Mit diesem Wege hängt auf das engste der folgende zusammen, der der Einzelbeschaffung, der sich nach zwei Richtungen hin ausgebildet hat. Einmal schicken einzelne Firmen, die eine grössere Anzahl von Sachen im Betrieb haben, ihre Vertreter zu den einzelnen Anstalten (namentlich auf dem Gebiete der beschreibenden Naturwissenschaften) und lassen besonders gute oder auch ganz neue Präparate vorlegen. Hierdurch werden die einzelnen Anstalten in die Lage versetzt bestimmtes Neue einer einzelnen Handlung kennen zu lernen; dieser Weg hat sich als nicht unvorteilhaft erwiesen, da man daraus doch unmittelbar auch die übrigen Leistungen der Firmen ersehen kann. Auch die Vertreter einer Einzelnheit verfahren in ähnlicher Weise; wie viele Institute und Schulen sind nicht mit den Diamantschneidern der bekannten Handlung R. versehen, deren Vertreter den älteren Lehrern der Physik und Chemie wohlbekannt ist! Ebenso giebt es Präparatoren, die einzelne Sachen vorzüglich anfertigen und auch selbst zugänglich machen.

Der zweite Weg der Einzelbeschaffung fand und findet hauptsächlich auf dem Gebiete der Physik statt. Ehe einzelne Mechaniker Apparate in grösserer Menge und aus dem verschiedensten Gebiete anfertigten und anfertigen liessen, Lager gründeten, und dann die Cataloge geschäftsmässig verbreiteten, wurden die Apparate oft bei einzelnen Mechanikern bezogen, von denen bekannt war, dass sie die betreffenden Apparate in besonderer Güte anfertigten. Die Luftpumpe wurde bei dem Mechaniker Sch., die Wage bei dem Mechaniker O., elektrische Apparate bei dem Mechaniker G. u. s. w. bezogen. Auch heute wird dieser Weg immer noch vielfach angenehm und zweckmässig sein; nur müsste für diejenigen, welche in einer kleineren Stadt sich befinden, Gelegenheit gegeben werden, gute und sichere Auskunft über solche Bezugsquellen in Beziehung auf bestimmte Apparate zu erhalten, da doch nicht jeder eines einzelnen Apparates wegen nach dem Hauptort gehen kann und dann auch hier wiederum eine Orientierung gebrauchen würde. Dabei bieten sich dann auch Erleichterungen für die Reparaturen; diejenigen Mechaniker, welche diesen Einzelbezug vertreten, übernehmen selbst die Verantwortung für ihre Lieferung und sind auch eher geneigt, Reparatur auszuführen als die Betriebe im Grossen. Gerade aber für kleine Orte ist die Frage der Reparaturen eine wichtige. Wenn auch viele Lehrer imstande sind, kleinere Reparaturen selbst auszuführen, so fehlen öfters die nötigen Utensilien, die nur schwer zu beschaffen sind, oft aber auch die Zeit, die der Lehrer im Interesse der Sache mehr auf andere Seiten des Unterrichts verwenden wird. — Hierher gehört auch die jetzt so oft beliebte Bekanntgebung durch Cirkulare seitens einzelner Mechaniker oder grösserer Firmen. Wenn neue Apparate auf Veranlassung von Lehrern construiert werden, werden dieselben beschrieben (oft auch abgebildet) und die Druckanzeigen an die einzelne Anstalt versandt. (So bei den Apparaten von Elster und Geitel für lichtelektrische Versuche, von Looser für Wärmeversuche, bei verschiedenen Galvanometern, Linsenapparaten, Dynamo-

maschinen u. s. w.). Gerade bei diesen Apparaten ist aber wiederum eine vorhergehende Besichtigung und Vergleichung wünschenswert. — Auf dem Gebiete der litterarischen Lehrmittel ist diese Methode noch viel ausgedehnter und hat, weil vielfach Anpreisungen hinzugefügt werden, dazu beigetragen, die Nachteile der jetzigen Beschaffungsmethode empfinden zu lassen.

Der letzte Weg, der berührt werden mag, der der Selbstbeschaffung, verzweigt sich auch nach zwei Seiten hin und führt zu dem des Geschenkes über. Schon oben wurde berührt, wie ausserordentlich vorteilhaft es ist, wenn die Lehrer die zu den Versuchen erforderlichen Hilfsmittel sich selbst herstellen. Die Home experiments, die Récréations scientifiques (in der Zeitschrift *La Nature*), die Spielexperimente, Experimentierschulen bieten eine Menge von Experimenten, für die sich jeder selbst die Hilfsmittel verschaffen kann, und die zum Teil auch für den Schulunterricht gut verwertbar sind; hier tritt der Mangel hervor, dass dieselben ebenso wenig bekannt werden, wie die Apparate, die der einzelne Lehrer neu sich hergestellt hat. Nur in seltenen Fällen unternimmt es eine Firma, wie die Firma ROHRBECK, einzelne derselben zu einer Sammlung zusammenzustellen.[8]) Diese selbst gefertigten Apparate, die oft den käuflichen überlegen sind, bieten dadurch bisweilen eine Schwierigkeit, dass der Nachfolger im Unterricht oder auch da, wo mehrere an derselben Anstalt im Unterricht wechseln, der andere Fachlehrer dieselben nicht zu verwenden weiss.

Die Selbstbeschaffung der Lehrmittel durch die Lehrer erstreckt sich aber auch darauf, dass der einzelne sich persönlich bemüht, von industriellen Anlagen und öffentlichen Instituten kleine für den Unterricht oft vortrefflich zu verwendende Sammlungen von Lehrmitteln zu erhalten. So würde jede Gasanstalt leicht in der Lage sein, kleine Sammlungen zusammenzustellen, die ein Bild der Gasfabrikation geben würden und den Schulen des Ortes zu Gute kommen. Wenn städtische und staatliche Anstalten in dieser Weise mithelfen würden, wäre die Möglichkeit vorhanden, direkt verwendbare Lehrmittel zu erhalten, die genannten Anstalten würde ohne besondere Mühe und Kosten, die überdies leicht durch die Schule erstattet werden könnten, dem ganzen Schulwesen einen grossen Dienst erweisen. Man würde die Mühe und das Opfer, das die industriellen Anstalten damit bringen, in unterrichtlichen Kreisen sehr zu schätzen wissen.

Nicht viel anders wie mit Apparaten, Anschauungstafeln, Modellen, Karten u. s. w. verhält es sich auch mit den Lehrbüchern. Es ist naturgemäss, dass der Fachlehrer sich mit den erscheinenden neuen Lehrbüchern bekannt machen soll. Hierzu kann er durch Kauf das Material sich beschaffen, was jedoch nicht gut zu verlangen ist, da er dadurch oft für minderwertige, ganz überflüssige Bücher Aufwendungen machen müsste; aus demselben Grunde kann man diese Bücher nicht für die Schulbibliotheken anschaffen. Zusendungen von Verlegern auf direktes Verlangen, um sich zu instruieren, sind aus auf der Hand liegenden Gründen nicht gut annehmbar, die Anpreisungen und Anzeigen von Schulbüchern, mit denen in den letzten Zeiten die Anstalten wahrhaft überschüttet sind, helfen gar nichts und Centralstellen, wo man die Bücher derselben Kategorie, desselben

[8]) Sie war in Chicago zur Ausstellung gelangt: „Columbian Exposition, Chicago 1893“ und enthielt eine Reihe von solchen Apparaten, die für den chemischen und physikalischen Unterricht sehr gut anzuwenden sind, so das Modell einer Warmwasserheizung, Apparat um die verschiedene Wärmeleitungsfähigkeit der Gase zu zeigen, Apparat zur Darstellung des PH_3 aus Phosphorzink u. s. w.).

Faches vergleichen könnte, sind nicht vorhanden. So erfolgen denn auch die Vorschläge für Neueinführung von Büchern vielfach folgendermassen: Der oder die betreffenden Fachlehrer sind mit einem im Gebrauch befindlichen Lehrbuch unzufrieden; es ist nicht der neuen Methode angepasst, es ist unbequem mit dem alten Buche nach anderen Vorschriften zu unterrichten. Ein neues Buch ist von bekannter Seite empfohlen, es wird durchgesehen, der betreffende Referent findet es geeignet und es wird zum Vorschlag gebracht. Eine systematische genaue Vergleichung des verschiedenartigen sehr umfangreichen Buchmaterials seitens sämtlicher beteiligter Lehrer findet nur selten statt; oft ist die zufällige Kenntnis eines Buches oder subjektive Gründe maassgebend.

Die seit Einführung der neuen Pläne entstandene Schulbuchverfertigung hat gezeigt, wie notwendig auf diesem Gebiete eine Änderung ist; man hat daher mit Recht versucht, den Nachteilen, die diese Entwicklung gebracht hat, durch Erschwerung der Neueinführungen entgegenzutreten, besonders auch dann, wenn der Verfasser eines Buches selbst als Lehrer an der Anstalt, in der das Buch eingeführt werden soll, angestellt ist.

Der erwähnten Willkürlichkeit gegenüber hat man sowohl bei Beschaffung der Lehrbücher wie der Apparate eine Unificierung vorgeschlagen, auf die schon oben hingedeutet ist. Die Nachteile derselben aber sind so gross und liegen so auf der Hand, die Durchführung wäre mit so viel Schwierigkeiten verbunden, dass man im Interesse des Unterrichtes wohl davon absehen wird. — Was ist aber bei den jetzigen Verhältnissen zu thun, um dem Wunsche nach Beseitigung der erkannten Übelstände entgegenzukommen?

3. Vor allem müssen die Vertreter der einzelnen Fächer und diejenigen, denen speciell die Verwaltung der einzelnen Sammlungen übertragen ist, sich schon im Anfang des Jahres einen Überschlag über die Verwendung der ihnen zu Gebote stehenden Mittel machen. Ein Teil derselben ist, wo nicht etwa schon im Etat eine besondere Position vorgesehen ist oder war (Kgl. Realgymnasium, Friedrich-Wilhelmsschule Stettin u. s. w.) für Reparaturen und Verbrauch in Reserve zu halten, dieselbe ergiebt sich leicht aus der Erfahrung; für die Verwendung der übrigen ist ein Plan derartig aufzustellen, dass die Lücken, die als die empfindlichsten erscheinen, zuerst ausgefüllt werden. Zu diesem Zwecke empfiehlt sich die Führung eines Heftes, in das im Laufe des Unterrichts namentlich auch diejenigen Wünsche eingetragen werden, welche augenblicklich während der Erledigung der Pensen entstehen und aus dem sich dann auch, wenn mehrere Lehrer in demselben Unterrichte an der Anstalt beschäftigt sind, die Bedürfnisse entnehmen lassen. Es wird damit den Klagen, dass einzelne Sachen gar nicht berücksichtigt worden, abgeholfen werden können, zugleich aber würden die Beschaffungen aus den Bedürfnissen des Unterrichtes selbst hervorgehen.

Das Dringendste aber ist wohl, dass die Sammlung auf ihre Vollständigkeit in Beziehung auf die einzelnen Fächer und Zweige geprüft wird, dass sie mit einer sog. Standard-Sammlung verglichen wird. Wenn der naturwissenschaftliche Unterricht der Schulen im späteren Leben und an den Hochschulen berücksichtigt werden soll, so muss man auch wissen, welche Anschauungen vorausgesetzt werden können. Die seitens der Schulen mit Recht erhobenen Klagen, dass beim Universitätsunterrichte das von der Schule Mitgebrachte nicht gewürdigt wird, würden sich vermindern, und andererseits würde der ganz voraussetzungs-

lose Universitätsunterricht, der in den naturwissenschaftlichen Fächern so vorgeht, dass vielfach auch das Bekannteste als unbekannt angenommen wird, und der in derselben Weise für Vorgeschrittenere, ganz Kenntnislose und solche, die den betreffenden Gegenstand nur als Nebenfach brauchen, erteilt wird, aufhören. So wird man, an jeder Schule, auch der kleinsten, bei der dann bestimmte Apparate als Minimum vorhanden sein müssen, dann auch fordern können, dass diejenigen Gesetze, welche mit denselben abgeleitet werden, bekannt sind; ebenso wird man nicht weit fehlgehen, wenn man auch eine Reihe von Experimenten, die mit den Apparaten angestellt werden, als bekannt annimmt. Wenn zu der Standard-Sammlung z. B. Barometer, Apparat zur Demonstration des Mariotteschen Gesetzes, Luftpumpe gehören, so wird man die Kenntnis der gewöhnlichsten, einfachsten Apparate dieser Art erwarten dürfen, ohne dabei etwa die Forderung stellen zu können, dass alle oft complicierten Construktionen bekannt sind. Bei den Experimenten ist es schwieriger, Standard-Experimente festzusetzen, weil die Gruppierung der Experimente oft nicht methodisch durchgeführt wird. Den Lehrbüchern und Leitfäden nach werden zur Darlegung der Wirkung des Apparates eine ganze Reihe von Experimenten willkürlich an einander gereiht, ohne dass besondere Gruppen hervortreten, während doch gerade diese Gruppenbildung den Überblick erleichtert, zum Denken und Schliessen führt und eine Anknüpfung und Erweiterung auch beim weiteren Unterricht gestattet. Eine Anordnung der Experimente und Apparate den Klassen nach wäre dabei nicht ausgeschlossen.

Der Vorschlag der Einrichtung von Standard-Sammlungen ist schon oft gemacht worden, ebenso wie der von Standard-Experimenten, während die damit zusammenhängende methodische Gruppierung nur wenig berücksichtigt worden ist. Die Freiheit des Einzelnen soll dadurch nicht beschränkt werden, denn es würde nur das Nothwendigste, das allgemein Anerkannte aufgenommen werden, so zu sagen ein Kanon, der sich durch langjährige Erfahrung gebildet hat. Für die individuelle Entwicklung im Unterricht bleibt gerade bei den Naturwissenschaften immer noch ein grosser Raum.[4])

Sollen aber solche Verzeichnisse einen Nutzen stiften, so ist auch eine Controlle notwendig, die in der Form der Besprechung und Darlegung für Niemanden etwas Lästiges haben könnte, sondern vielen willkommen sein würde. Notwendig würde auch sein, dass festgestellt wird, ob die Sammlungen bei allen Schulen den Normal-Minimalforderungen entsprechen. Den Schulen, welche in kleinen Städten mit ungenügenden Räumlichkeiten und Lehrmitteln zu kämpfen haben, müsste zuerst geholfen werden; leicht liesse sich das bei den staatlichen Anstalten durchführen, von denen eine ganze Anzahl mit so reichlichen Mitteln versehen ist, dass in einigen Jahren sich leicht ein Ausgleich herbeiführen liesse, aber auch bei städtischen Anstalten sind die erforderlichen Summen so gering, dass sie leicht herbeizuschaffen wären, wenn ein klarer übersichtlicher Anschlag vorläge.

Das wichtigste Hilfsmittel aber, eine rationellere Beschaffung der Unterrichtsmittel herbeizuführen, ist die Errichtung von Centralstellen, wo ein Vergleich der Unterrichtsmittel, auch der litterarischen, und eine Controlle derselben, eine Besichtigung der neuen Erscheinungen auf diesem Gebiete stattfinden könnte, die in der Gründung von Schul- oder Unterrichtsmuseen gipfeln würde; Einrichtungen, auf die schon oben hingedeutet ist, die hier aber etwas ausführlicher zu besprechen sein dürften.

[4]) Im Anhang ist auf einige Verzeichnisse von Mustersammlungen hingewiesen.

Die temporären Ausstellungen wie sie bei verschiedenen Wanderversammlungen, so den Naturforscher- und Lehrerversammlungen und bei einzelnen umfassenderen Schaustellungen stattfinden, können selbstverständlich eine solche Einrichtung nicht ersetzen. So war bei der Versammlung der Naturforscher und Ärzte in Berlin 1886 im Anschluss an die neugebildete Sektion für naturwissenschaftlichen Unterricht eine Sammlung verschiedener ausgezeichneter Lehrmittel von einzelnen Firmen ausgestellt. Einmal aber kann dabei, da die Beschickung durch Einzelfirmen erfolgt, kein systematischer Überblick über die gesamten Leistungen und den Stand der Lehrmittel gegeben werden, dann aber ist auch die Inanspruchnahme durch andere Veranstaltungen bei solchen Versammlungen viel zu gross und die Dauer der Ausstellung viel zu kurz, um ein ruhiges Studium zuzulassen. Diese Ausstellungen wirken momentan sehr anregend, werden auch zu Beschaffungen und Verbesserungen Veranlassung geben, aber ein Schulmuseum nicht entbehrlich machen, vielmehr das Bedürfnis danach erst recht hervortreten lassen.[5])

Ähnlich ist es mit länger dauernden Ausstellungen, wie der pädagogischen Abteilung der Thüringer Gewerbe- und Industrieausstellung. Den in den lokalen Tagesblättern enthaltenen Nachrichten nach hat aber diese gerade einen grossen Zuspruch erfahren, ein Beweis, dass ein grosses Interesse für die Entwicklung des Unterrichts in weiten Kreisen vorhanden ist und gehofft werden kann, dass auch dem Schulmuseum der Besuch des Publikums nicht fehlen wird. Vielleicht zeigt auch die Berliner Gewerbeausstellung 1896 in ihrer Abteilung Unterricht und Erziehung, wie wünschenswert die Einrichtung eines grösseren Schulmuseums ist.

Für grössere Städte war auch in Vorschlag gebracht worden, Lehrmittel-Leihinstitute zu errichten. Man ging von der zum Teil zutreffenden Thatsache aus, dass manche grosse Apparate im Schulunterricht nur selten, im Jahre ein- oder zweimal, gebraucht würden; die Anschaffung derselben könne vermieden und dadurch Ersparnis erzielt werden. Abgesehen von der Umständlichkeit des Transportes und der Unbequemlichkeit, die diese Einrichtung für den Lehrer mit sich führen würde, ist der Plan auch unzweckmässig, weil doch eine grössere Anzahl von Apparaten derselben Art beschafft werden müsste, da leicht der Fall eintreten kann, dass mehrere Schulen denselben Apparat in demselben Zeitraum gebrauchen und vor allem aber, weil bedeutende unterrichtliche Nachteile entstehen können. Wenn bei einer Repetition, bei einer Besprechung eines anderen Gebiets auf den Apparat und die betreffenden Versuche rekurriert worden ist, wird es erforderlich sein, dass derselbe nochmals in Kürze vorgeführt wird; dies wird, wenn der Apparat nicht Eigentum der Anstalt ist, nur in unvollkommenem Maasse möglich sein. Man hat den Gedanken in Berlin auch nicht zur Durchführung gebracht, dafür aber eine Einrichtung getroffen, die, von den Schulen richtig benutzt, sehr nutzbringend sein kann: die Einrichtung einer Sammelstätte von Apparaten, die vom Besucher benutzt werden können, wie sie die Urania darbietet.

Auch in anderer Weise ist von privater Seite aus versucht, die Möglichkeit eines Vergleichs resp. auch einer Controlle von Unterrichtsmitteln und Apparaten

---

[5]) Auch in Stuttgart bei der Lehrerversammlung (Pfingsten 1894) hat eine instruktive Lehrmittelausstellung stattgefunden und ebenso bei der Naturforscherversammlung in Wien. Die Ausstellung naturwissenschaftlicher Lehrmittel der österreichischen Mittelschulen (Gymnasien u. s. w.) ist für Nord-Deutschland von grossem Interesse gewesen, da dadurch Gelegenheit gegeben war, die zum Teil vortrefflichen Lehrmittel Österreichs mit den deutschen zu vergleichen.

zu geben. So haben hiesige Firmen für zoologische Lehrmittel eine ständige Ausstellung eingerichtet und ebenso haben Firmen, die mit der Herstellung verschiedener physikalischer Apparate für Schulen sich befassen, Ausstellungen ihrer eigenen Fabrikate zur Besichtigung und Auswahl aufgestellt. Eine Firma, die sich in grösstem Umfang die Herstellung der physikalischen Apparate für den Unterricht zur Aufgabe gestellt hat, hat ein Experimentierzimmer eingerichtet, in dem in übersichtlicher Weise die wichtigsten Apparate der Firma nach den Teilen der Physik geordnet sind und wo es gestattet ist, die Apparate selbst in ihrer Funktionierung kennen zu lernen. So dankenswert diese Einrichtungen sind, so geben sie doch nicht den Überblick über die betreffenden Lehrmittel derselben Kategorie, der für die zweckmässigste Auswahl notwendig ist. Es gehen diese Veranstaltungen naturgemäss aus dem eigensten Interesse der Firma hervor und anderweitig hergestellte Hilfsmittel können nur soweit in Betracht kommen, als die Firma die Herstellung oder den Vertrieb mit übernommen hat.

Andere Veranstaltungen, die jetzt schon den Namen Schulmuseen führen, berücksichtigen hauptsächlich nur die durch den Druck herstellbaren Hilfsmittel (Karten, Bücher, Tafeln u. s. w.), während Apparate nur in beschränktestem Maasse Berücksichtigung finden. Gerade auf diesem Gebiete aber ist die Beschaffung am schwierigsten und auch am kostspieligsten. Manche Ausgaben würden sich ermässigen, wenn der Einzelne sieht, dass der billigere Apparat der zweckentsprechendere ist und er sich selbst von der Brauchbarkeit der einzelnen Gegenstände überzeugen kann. Die Beschaffung der Apparate für eine solche Centralstelle würde nicht schwierig sein; viele Firmen, namentlich auch die einzelnen Mechaniker würden bereit sein, Muster ihrer Apparate, wenn auch nicht direkt zu schenken, obgleich dies auch im Interesse der Verfertiger liegen würde, so doch zu leihen. Es würden also Aufstellungsraum, Experimentierzimmer und Verwaltung nötig sein, die zu gleicher Zeit für sachgemässe Ordnung der Gegenstände, Katalog u. s. w. zu sorgen hätte. Neben solchen Centralstellen, die auch für jede Provinz eingerichtet werden könnten, kann schon jetzt eine Auskunftsstelle eingerichtet werden. Dem Verfasser sind häufig schon Anfragen über die verschiedensten Lehrmittel und ihre Beschaffung zugegangen; dem Bedürfnis eine Stelle zu haben, wo man sachliche gute Auskunft erhält und Mitteilungen über die Apparate, die der Einzelne wünscht, gemacht werden können, liesse sich leicht abhelfen, wenn eine behördliche Stelle, die in diesem Falle in Berlin und königlich sein müsste, da gerade für die Provinz das Bedürfnis am grössten ist, die Organisation in die Hand nähme. Die geringen Kosten liessen sich durch laufende Beiträge, die von den Anstalten, ähnlich wie bei den Programmen, erhoben würden, decken, wenn keine anderen Mittel dafür flüssig zu machen wären. Auch könnte diese Stelle ohne Weiteres Hinweise auf Unterrichtsmittel jeder Art, Bekanntgebung besonderer neuer und zweckmässiger Apparate u. s. w. einrichten, ein Cirkular- oder Correspondenzblatt dieser Art für sämmtliche Anstalten würde sich leicht herstellen lassen. Auch in Betreff von Reparaturen, Verbrauchsgegenständen und sonstigen für den Unterricht notwendigen Utensilien liesse sich durch dieselben noch Nachricht oder Rat erhalten; doch ist hier nicht der Ort die weitere Organisation darzulegen.

Wenn jetzt auch eine grössere Zahl von Experimentierbüchern vorhanden ist, zu welchen auch die Zusammenstellungen von Experimenten für praktische Übungen an Mittel- und Hochschulen zu rechnen sind (Weinhold, Frick-Lehmann,

Heumann, Noack und die englischen Werke von Sloane, Thomson, Stewart, Hopkins u. s. w.), und wenn diese auch vielfach benutzt werden, so ist doch immer noch ein grosser Teil dieser Sachen in der Litteratur zerstreut, die dann durch die Centralauskunftsstelle für physikalischen Unterricht leichter zugänglich gemacht werden könnten. Naturgemäss schlösse sich daran die Sammlung von Unterrichtsbüchern, die sich leicht zusammenstellen liesse, weil ohne Zweifel der Unterrichtsbehörde das Recht zusteht, von jedem Buche, das eingeführt ist oder zur Einführung vorgeschlagen werden soll, eine Anzahl von Exemplaren einzufordern, schon um die Änderungen bei anderen Auflagen einer Controlle unterwerfen zu können.

Ganz besonders vorteilhaft wäre auch diese Einrichtung, die sich einem Schulmuseum naturgemäss angliedern würde, bei der Anschaffung der Lehrmittel für neugegründete und eingerichtete Anstalten. 2000—3000 Mark werden dafür, abgesehen von den Aufwendungen für die Bibliotheken und die Zeichenapparate in der Regel ausgeworfen und bei den höheren Bürgerschulen in Berlin waren die Zuwendungen so reichlich, dass Sachen beschafft werden konnten, welche über die Unterrichtsanforderungen der Anstalten hinausgingen. Das Verfahren bei den Neuerrichtungen höherer Lehranstalten ist einmal das, dass seitens der Behörde, welche die Unterhaltungspflicht hat, auch der betreffende Lehrapparat mit beschafft wird. Dies kann in der Weise geschehen, dass die Schulverwaltung sich seitens anerkannter guter Firmen ein Verzeichnis aufstellen lässt und die betreffenden Gegenstände von der bestimmten Firma kauft oder nach dem Muster anderer Lehranstalten einen entsprechenden Apparat beschafft, oder sich auch, wie ich verschiedene Fälle kenne, an einen Fachmann wendet und diesen ersucht, eine solche Zusammenstellung zu machen und die Quellen anzugeben, wo die Ankäufe der erforderlichen Gegenstände am besten vorgenommen werden. Vielfach aber wird gerade an höheren Lehranstalten der Weg beschritten, dass man den Lehrern und dem Direktor, der in den meisten Fällen auf die Vorschläge der Lehrer angewiesen sein wird, die Hauptverantwortung für die Beschaffung überträgt. Da oft die betreffenden Lehrer noch wenig Erfahrung besitzen, ihnen die ausgedehntere Kenntnis der Lehrmittel abgeht, so sind dabei vielfach Missgriffe vorgekommen. Es wird überdies dabei verschieden verfahren, indem einige z. B. erst einen Zweig der Physik hauptsächlich bedenken in der Meinung, dass sie aus den laufenden Ausgaben nach und nach für die übrigen Teile nebenher sorgen werden, während andere das ganze Gebiet im Auge behalten, oft aber nach eigenen Liebhabereien oder nach früheren Apparaten, die sie auf Universitäten oder technischen Hochschulen kennen gelernt haben, die Beschaffungen einrichten, so dass dann für den Unterricht an Schulen wenig geeignete Apparate einen grossen Teil der zur Verfügung stehenden Summe verschlingen. Alles dieses würde durch Einrichtung einer Centralstelle, womöglich eines Schulmuseums, geändert und gebessert werden können. Die Einrichtung würde aber nicht nur für die Lehrer, die sie, sobald wirklich Brauchbares geboten wird, vielfach benutzen würden und müssten, von grossem Nutzen sein, sondern auch ein besseres Verständnis der unterrichtlichen Verhältnisse in allen Kreisen unserer Bevölkerung verbreiten und nach den verschiedensten Seiten zur Anregung dienen können. Möge man einen Anfang machen zur Änderung des jetzigen Zustandes, die Klagen über Nichtbenutzung der Hilfsmittel, über mangelhafte Einrichtung der Räumlichkeiten, über Unzweckmässigkeit und Dürftigkeit der Lehrmittel, werden sich vermindern und eingeschränkt werden; freilich bleibt ja immer die Hauptsache, dass der Lehrer ge-

willt, eifrig und tüchtig und begeistert genug für seine Sache ist, um diese Einrichtungen zu einer möglichst idealen Gestaltung des Unterrichts zu benutzen, ohne etwa durch Betonung besonders schwieriger hochgespannter Forderungen, die nur äusserlich Eindruck machen sollen, den Schein grosser Erfolge zu erwecken: zuerst der Lehrer, dann die Lehrmittel! aber auch der tüchtigste Lehrer wird ohne die Möglichkeit, sich das für den Unterricht Beste zu beschaffen, nur gehemmt und sich eingeschränkt fühlen und in Anregung und Bildung der Schüler nicht das erreichen, was bei guten Hilfsmitteln erreicht werden kann.

4. Zum Schluss mögen noch die Thesen mitgeteilt werden, welche nach den Vorträgen, die der Verfasser zu verschiedenen Zeiten in verschiedenen Lehrerversammlungen über Teile der Frage gehalten hat, die Zustimmung der Anwesenden fanden; auch mag darauf hingewiesen werden, dass bei der letzten Versammlung des Vereins zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und den Naturwissenschaften (Wiesbaden, 15. und 16. Mai 1894) eine Commission eingesetzt wurde, um bei der nächsten Versammlung Bericht zu erstatten und Anträge zu unterbreiten über die Frage: „Notwendigkeit der Aufstellung gewisser Normen für die Einrichtung der physikalischen Sammlungen an höheren Schulen“.

Auch der dort gehaltene Vortrag von Herrn Richter-Wandsbeck: „Wie ist das physikalische Pensum der Gymnasien zu umgrenzen“, berührte die Frage, und ebenso sind bei dem Ferienkurse gelegentlich der Vorlesung über Beschaffung der Unterrichtsmittel vielfach Wünsche geäussert worden.

a) Auf der Versammlung in Braunschweig am 5. Oktober 1891 (vgl. *Pädagog. Archiv*) empfahl der Verfasser:

1. Schulmuseen unter fachmännischer Aufsicht. Alle neuen Erscheinungen auf dem Gebiete der Unterrichtsmittel sind dort zur Ausstellung zu bringen, damit ein Vergleich derselben unter einander und der neuen mit den schon vorhandenen ermöglicht wird.

2. In Ersatz dafür: regelmässige Ausstellung von Unterrichtsmitteln für die einzelnen Zweige des naturwissenschaftlichen Unterrichts.

3. Centralstellen für die Lieferung und Beziehung von Unterrichtsmitteln. Die Apparate müssten in besonderer Rücksicht auf ihre Brauchbarkeit für den Unterricht unter fachmännischer Aufsicht controlliert werden.

4. Event. Auskunftsstellen, an denen über die besten Quellen für alle einzelnen Unterrichtsmittel, diese selbst, ihre Preise u. s. w. Mitteilung gemacht wird.

5. Leihinstitute für sehr teure und kostbare Apparate und Modelle, die nur in einzelnen Fällen gebraucht werden.

6. Für Neueinrichtungen die Festsetzung einer Standard-Sammlung; die notwendigsten Unterrichtsmittel auf allen Unterrichtsgebieten werden festgestellt mit Berücksichtigung der zweckmässigsten Ausführung.

7. Bei jeder Anstalt: Festsetzung des Bedürfnisses mit specieller Bezeichnung der erforderlichen Neubeschaffung nach Beratung mit allen Lehrern der Fächer, in denen Unterrichtsmittel erforderlich sind, unter Vorsitz des Direktors. Der Etat ist danach zu bemessen; die Etatsmittel sind für die einzelnen Fächer demgemäss zu verwenden.

8. Revisionen der Unterrichtsmittel durch Fachberater. Besprechungen derselben mit den einzelnen Fachlehrern.

9. Lieferung von Unterrichtsmitteln aus Staatsanstalten (Museen, Sammlungen u. s. w.)

b) Auf der Versammlung des Brandenburgischen Provinzial-Vereins am 12. Mai 1894 wurden folgende Thesen des Verfassers angenommen.

I. Physikalische Lehrmittel.

1. Für höhere Schulen ist die Zusammenstellung einer Standard-Sammlung nach einer der Gattung der Schule entsprechenden Abstufung erforderlich.

2. Es bedarf für den physikalischen Unterricht
  a) eines Unterrichtszimmers, das nur im Notfall für den chemischen Unterricht mit benutzt wird;
  b) eines Apparatenzimmers, das geräumig genug ist, um die Vorarbeiten für den Unterricht zu ermöglichen.

3. Wo Schülerexperimente eingeführt sind, ist eine besondere Sammlung dafür wünschenswert.

4. Die Benutzung der Sammlung ist allen Fachlehrern zu ermöglichen.

5. Eine fachmännische Feststellung des augenblicklichen Zustandes der Schulsammlungen ist wünschenswert, um die dringendsten Erfordernisse (bezüglich des Etats, der Einrichtungen u. s. w.) kennen zu lernen.

II. Allgemeine Anforderungen.

1. Die Errichtung von Schulmuseen, wenn möglich von Provinzial-Schulmuseen, die alle Unterrichtsgegenstände berücksichtigen, ist für die weitere Entwicklung des Unterrichts an den höheren Schulen erforderlich.

2. Mit den Schulmuseen ist ein Experimentiersaal zu verbinden, in dem einzelne Apparate einer Prüfung unterworfen werden, und der für Anleitung und Weiterbildung im Experimentieren benutzt werden kann.

3. Die Leitung der Schulmuseen sorgt für das Bekanntwerden und die übersichtliche Zusammenstellung neuerer Unterrichtsmittel einschliesslich der Schulbücher.

4. Für die laufende Aufwendung trägt jede Anstalt aus ihrem allgemeinen Fonds bei und hält den Katalog und die Ergänzungen desselben für die Bibliothek.

5. Mit jedem Schulmuseum ist eine Auskunftsstelle zu verbinden, die auf Anfragen in Betreff der Unterrichtsmittel und Lehrbücher sachliche Mitteilungen macht.

c) Auch in der Sektion für naturwissenschaftlichen Unterricht auf den verschiedenen Naturforscherversammlungen kam die Frage mehrfach zur Besprechung. Man vgl. *Bericht der Naturforscherversammlung zu Halle, 1891.*

Anhang.

Vorbemerkung. Die hier mitgeteilten Titel und Gegenstände dienen nur als Beispiele oder Beläge für die einzelnen im Text berührten Punkte, ohne dass dabei irgendwie eine Vollständigkeit der Aufzählung, eine Empfehlung oder Norm aufgestellt werden soll, alle Angaben sind also nur als Einzelbeispiele zu betrachten.

A. Verzeichnisse von Lehrmitteln.

1. Hauptkatalog der Leipziger Lehrmittelanstalt von Dr. Osc. Schneider. Er umfasst in fünf Abschnitten: I. Schulgeräte, Kindergarten-Material, Anschauungsunterricht, Rechnen. II. Geographie, Geschichte, Religion. III. Zoologie, Botanik, Mineralogie. IV. Physik, Meteorologie, Chemie, Technologie. V. Mathematik, Zeichnen, Turnen, Musik, Handfertigkeit und weibliche Handarbeiten.

2. Bibliotheca Paedagogica, Verzeichnis von Werken der Erziehungs- und Unterrichtswissenschaft, der gangbarsten Schulbücher, Atlanten u. s. w. sowie der neuesten Lehrmittel, Schulwandkarten, Wandtafeln, Apparate, Bildwerke, Utensilien u. s. w. (Spaeths Buchhandlung, Berlin).

3. Illustrierter Hauptkatalog der wichtigsten und vorzüglichsten Lehr- und Veranschaulichungsmittel aus dem Gesamtgebiete der Erziehung und des Unterrichts von der Lehrmittelanstalt J. Ehrhard & Cie., Bensheim in Hessen.

4. A. Müller, Fröbelhaus, Lehrmittelhandlung in Dresden.

B. Verzeichnis von Einzelfirmen.

Die Einzelfirmen, welche in Betracht kommen, beschäftigen sich entweder mit Herstellung von Apparaten aus besonderen Abschnitten oder sie übernehmen die Herstellung von Apparaten aus sämtlichen Gebieten oder sie besorgen auch Apparate anderer Firmen. Eine vollständige Trennung der Apparate für den Universitätsunterricht von denen für den Schulunterricht ist bisher nicht durchführbar gewesen und wird auch sachgemäss in vielen Fällen überhaupt nicht möglich resp. nicht erforderlich sein. Bei den für den Unterricht in den sog. beschreibenden Naturwissenschaften erforderlichen Materialien ist die Herstellung einer grossen Anzahl von Präparaten durch eine Firma leichter durchführbar (Linnaea, Benninghoven, zoologische Station zu Neapel, Osterloh-Droop, Picht, Kranz u. s. w.). Einige Firmen schicken auch besondere Anzeigen (Wehmann Trockenelemente, Anschütz Schnellseher, Edelmann Skalenablesungen, Ernecke elektrische Messapparate u. s. w.). Firmen wie Müncke, Leppin & Masche, Warmbrunn-Quilitz, Rohrbeck, Ernecke, Lorenz, Edelmann, Kohl u. s. w. sind allgemein bekannt. Immerhin würde es die Aufgabe des in der Abhandlung erwähnten Auskunftsbüreaus sein, zuerst eine Zusammenstellung des augenblicklichen Standes der Unterrichtsmittelherstellung mit kurzer Charakterisierung der einzelnen Firmen anzufertigen und allgemein zugänglich zu machen. Dies ist besonders leicht bei Firmen für wissenschaftliche Apparate (Bohn, Fuess, Zeis u. s. w.), durch Fortführung eines Correspondenzblattes könnte dann auf das Neue hingewiesen und dies dann weiter verbreitet werden, womit freilich nur eine erste Anbahnung zu einer Änderung getroffen wäre. Hier die Einzelfirmen für alle Lehrmittel zusammenzustellen würde zu weit führen.

C. Verzeichnis von Standard-Sammlungen.

Da in dieser Beziehung schon Material vorliegt, so mag zunächst auf die Arbeit von Noack (*Zeitschr. f. phys. U. VII 218, 1894*) hingewiesen werden, in der eine solche Sammlung angeführt findet. Hinzugefügt mag werden eine Sammlung von Netoliczka.

2. Netoliczka's physikalischer Apparat III (100 M.).

1. Adhäsionsplatten aus Glas. 2. Flaschen- und Rollenzug mit Gewichten (Stativ hierzu beim Pendelapparat). 3. Hebel mit Stativ und Gewichten. 4. Schraube mit zerlegbarer Mutter. 5. Wellrad. 6. Pendelapparat, Stativ mit 3 Pendeln. 7. Schalenwage auf Stativ mit hydrostatischer Wagschale. 8. Barometer auf poliertem Brett. 9. Saugpumpe aus Glas. 10. Druckpumpe aus Glas. 11. Stechheber. 12. Giftheber. 13. Heronsball. 14. Spritze. 15. Torricellische Röhre mit Skala. 16. Glaswanne dazu. 17. Auftriebapparat, Glascylinder mit aufgeschliffener Glasplatte. 18. Communicationsgefäss mit 3 Armen. 19. Haarröhrchen in Kork gefasst. 20. Springbrunnen. 21. Aräometer für schwerere Flüssigkeiten als Wasser. 22. Aräometer für leichtere Flüssigkeiten als Wasser. 23. Hufeisenmagnet. 24. Magnetstab. 25. Magnetnadel auf Stativ. 26. Compass, zugleich Galvanometer. 27. Elektrisiermaschine mit Messingconduktor, Winterschem Ring und Funkenzieher, Scheibendurchmesser 26 cm. 28. Elektrophor mit Hartgummiplatte. 29. Auslader. 30. Glasstange mit Reibzeug. 31. Leydener Flasche. 32. Elektrisches Pendel. 33. Elektromagnet mit Anker. 34. Grenet-Flaschenelement. 35. Kupfer- und

Zinkstreifen. 36. Zwei Meter mit Guttapercha überzogenen Leitungsdraht. 37. Stimmgabel. 38. Lippenpfeife mit Skala. 39. Concavspiegel mit Rahmen. 40. Convexspiegel mit Rahmen. 41. Biconvexe Linse auf Stativ. 42. Glasprisma. 43. Biconcave Linse auf Stativ. 44. Kugel mit Ring. 45. Thermometer, Réaumur und Celsius.

3. Mustersammlung für den Unterricht in Physik und Chemie an einer Berliner Gemeindeschule.

Physik. *I. Wärme*: 1. Thermometer mit 3 Skalen. 2. Messingkugel mit Ring. 3. Kugel zur Ausdehnung des Wassers. 4. Chemisches Thermometer. 5. Liebigscher Kühler. 6. Modell des Verteilungsschiebers einer Dampfmaschine. 7. Modell einer Dampfmaschine mit Kessel.

II. Magnetismus: 8. 2 Paar Stabmagnete mit Ankern, weichen Eisenstücken und Feilspähnen. 9. 2 Magnetnadeln auf Ständern. 10. Hufeisenmagnet.

III. Reibungs-Elektricität: 11. Glasstab. 12. Hartgummistab. 13. Fuchsschwanz. 14. Elektroskop. 15. Elektrophor. 16. Verteilungsapparat nach Riess. 17. Elektrisiermaschine und Zubehör. 18. Leydener Flasche mit Auslader.

IV. Galvanismus: 19. 2 Flaschenelemente. 20. Bunsen-Element. 21. 4 Daniellsche Elemente. 22. 5 Reserve-Thonzellen. 23. Elektromagnet. 24. Platinspirale. 25. Wasserzersetzungsapparat nach Zwick. 26. Morse-Telegraph mit Schlüssel. 27. Galvanoskop. 28. Horizontal-Galvanometer nach Bertram. 29. Vertical-Galvanometer nach Zwick (50 M.). 30. Telephon mit Leitungsdraht. 31. 1 kg besponnener Kupferdraht. 32 u. 33. Messingkugel auf Isolierstativ, 1 Paar Halbkugeln, 3 Pendelstative, 1 Satz Markkügelchen, isoliert und leitend aufzuhängen (zu III). 34. Elektrischer Wecker. 35. Magnetinduktor. 36. Kohlenlichtapparat. 37. Induktionsapparat. 38. Dynamomaschine mit Ölkanne (Zwick) 150 M. 39. Influenz-Elektrisiermaschine (zu III). 40. Geisslersche Röhre. 41. Galvanoplastischer Apparat. 42. Glühlampe mit Stativ. 43. Holzcylinder für Ampèreströme. 44. Holzring mit verschiebbarem Ringe (Zwick). 45. Elektromagnet und Erzeugung der Induktionsströme.

V. Schall: 46. Diapason. 47. Windlade mit Labium. 48. Modell des menschlichen Gehörorgans. 49. Sprachrohr. 50. Grammophon mit Doppelschlauch und Platten.

VI. Licht: 51. Winkelspiegel. 52. Reflektor mit Stativ. 53. Mikroskop mit Objekten. 54. Skioptikon mit 2 Bildern. 55. Zwickscher Linsenapparat mit Broschüre (177 M.). 56. Lupe mit 3 Linsen.

VII. Mechanik: 57. Parallelogramm der Kräfte nach Bertram. 58. Hebelapparat. 59. Apparat zur Demonstration der 3 Gleichgewichtsarten (Bertram). 60. Schiefe Ebene nach Bertram. 61. Decimalwage. 62. Apothekerwage 63 u. 64. Gew. Flaschenzug, Differential-Flaschenzug. 65. Krämerwage mit Gewichten. 66. Eisenstativ zum Aufhängen von 63 u. 64. 67 u. 68. Collektion von Messinggewichten, Satz eiserner und bleierner Gewichte. 69. Holzuntersatz. 70. Barometerröhre. 71. Glasgefäss mit Ausguss. 72. Gefässbarometer. 73. 2 kg Quecksilber. 74. Apparat zur Bestimmung der Schwere der Luft. 75. Apparat für den Torricellischen Versuch. 76. 2 Saugheber von Messing. 77. Stechheber von Glas. 78. Vexierbecher. 79. Vexiertrichter. 80. Pendeluhr. 81. Hohlcylinder, Vollcylinder zur Bestimmung des archimedischen Princips. 82. 3 Aräometer. 83. Saugpumpe. 84. Luftpumpe nebst Recipient, Barometerprobe, Fallröhre, Quecksilberregen, Heronsball und Apparat zum Blasensprengen. 85. Dreiwegehahn. 86. Fallrinne nebst Kugel und Bügeln. 87. Metronom. 88. Centrifugalmaschine. 89. Apparat mit 2 Kugeln von ungleicher Schwere. 90. Centrifugalregulator mit Drosselklappe. 91. Apparat, Abplattung der Erde. 92. Kugelschwebe mit Kügelchen. 93. Trockenapparat. 94. Schlemmapparat. 95. Apparat-Scheibe mit geschwärzter Kugel (Tangentialkraft). 96. Apparat-Übertragung der Räder-Farbenscheiben. 97. 3 Bologneser Flaschen. (Preis der gesamten Sammlung 1831 M.)

Chemie. Folgende Reagentien mit den betreffenden Flaschen werden gehalten:

Destilliertes Wasser, Salpetersäure, rauchende Salpetersäure, Terpentinöl, Ammoniak, Lackmus, absoluter Alkohol, Ferrum pulveratum, Soda, Salmiak, Bleiacetat, Schwefelsäure, Äther, Kaliumbichromat, granuliertes Zink, Eisenvitriol, Kupfervitriol, Zinkvitriol, chlorsaures Kali, Braunstein, unterschwefligsaures Natron, gepulverter Schwefel, übermangansaures Kali, salpetersaures Ammon, Kalisalpeter, Essigsäure, Kupferoxyd, Salzsäure. Ausserdem werden die erforderlichen Glas- und Porzellansachen geliefert; an Apparaten: Dreifüsse, Sandbäder, Drahtnetze, Gummischlauch, Werkzeugspind mit Werkzeugen, Bunsenbrenner, Korke, Korkbohrer, ganze Standgläser, Schrank für die Chemikalien.

Auch Mustersammlungen für Seminarien sind aufgestellt, sie entsprechen ungefähr den besten Sammlungen an Berliner Gemeindeschulen.

4. Anfänglicher Apparat einer Gemeindeschule.

IA. Zur Molekularphysik der festen Körper. (Vacat).

IIA. Zur Mechanik der festen Körper. 1. Fallrinne. 2. Pendel mit Linse. 3. Pendeluhr. 4. Centrifugalmaschine. 6. Parallelogramm der Kräfte. 7. Hebelapparat. 8. Brückenwage. 9. Gew. Flaschenzug mit Stativ. 10. Schiefe Ebene.

IB. Zur Molekularphysik der flüssigen Körper. (Vacat).

IIB. Zur Mechanik der flüssigen Körper. 1. Hydrost. Wage (Pneumat. Wanne).

IIC. Zur Mechanik der gasförmigen Körper. 1. Glasröhre z. Torricellischen Vers. 2. Barometer. 3. Luftpumpe mit Holzfuss und Rezip. 4. Magdeburger Halbkugeln. 5. Kleine Wage.

III. Schall. 1. Windlade. 2. Einfaches Labium.

IV. Licht. 1. Skioptikon mit Bildern und Zubehör. 2. Camera obscura.

V. Wärme. 1. Thermometer. 2. Eisapparat.

VI. Reibungselektricität. 1. Glas- und Ebonitstab. 2. Elektroskop. 3. Elektrophor. 4. Elektrometer. 5. Elektrisiermaschine. 6. Stativ mit Papierbüschel. 7. Glas mit Markkugeln. 8. Elektr. Glockenspiel. 9. Isolierstativ zum Flugrad. 10. Leydener Flasche.

Magnetismus. 1. Magnetstab. 2. Magnetnadel auf Stativ.

Berührungselektricität (Galvanismus). 1. Galvanoskop mit Schlüssel. 2. 2 Flaschenelemente. 3. Wasserzersetzungsapparat. 4. Morse-Apparat. 5. Wecker zum Telegraphieren. 6. Telephon. 7. Dynamomaschine. Seitens der Verwaltung wird der Apparat nach und nach vervollständigt bis zur Standardsammlung unter S. 74.

D. Standard-Experimente.

Die Standard-Experimente werden sich aus den Standard-Apparaten ergeben. Doch würde noch eine Anzahl von Versuchen hinzuzufügen sein, die der Lehrer unabhängig von den Standard-Apparaten mit Hilfe einfacher Mittel anzustellen hat.

Wenn z. B. im Noackschen Katalog betreff der Ausdehnung der Gase durch die Wärme nur einige Thermometer (Differentialthermometer, Luftthermometer) angegeben sind, so ist dabei doch jedenfalls eine Reihe von Versuchen vorausgesetzt, die die Ausdehnung der Gase demonstrieren. Die manometrischen Apparate, die Zersprengung von Gefässen, die Anwendung von Kolben resp. Retorten zur Einführung in das Verständnis des Luftthermometers würden zu berücksichtigen sein und so ist es bei den Apparaten 32 bis 39 aus der Hydromechanik (Glasmodell einer hydraulischen Presse), Kanalwage, Apparat für den Bodendruck, Glascylinder mit angeschliffener Bodenplatte am Faden, Apparat für das archimedische Prinzip, Aräometermodell mit cylindrischem Körper- und Standgefäss. Pyknometer mit Thermometer, Segnersches Wasserrad.

Methodische Zusammenstellung von Experimenten.

Gelegentlich der Experimentierkurse in der Physik für Lehrer, welche ich seit einer Reihe von Jahren geleitet habe, ist eine Anzahl von solchen Zusammenstellungen

gemacht worden. Hier möge nur ein Beispiel folgen, bei dem die Zusammenstellung der Apparate von den Experimentierenden selbst durchgeführt wurde, die Versuche sind nicht näher beschrieben, da hierzu eine besondere Arbeit, der Zeichnungen beigefügt werden müssten, notwendig wäre.

Das Gesetz der communicierenden Gefässe oder Röhren.

Apparate: Mehrere Standcylinder (8—10 cm weit), welche oberhalb des Bodens mit ca. 2—3 cm weiten Bohrungen versehen sind. Diese Bohrungen können durch durchbohrte Gummikorke verschlossen werden, so dass es leicht möglich ist, die Cylinder durch Röhren und Schläuche mit einander in Verbindung zu setzen, andererseits aber sich beliebige Röhren ansetzen lassen. Weitere Apparate: Quetschhähne, gebogene, ausgezogene, gerade Glasröhren von verschiedener Weite, Verbindungsschlauch, Schulkathetometer oder ein vertikaler Maassstab.

Ableitung des genannten Gesetzes aus den Druckgesetzen bei Flüssigkeiten.

1. Die drei Gefässe (Cylinder) werden verbunden, sind aber durch Quetschhähne gegen einander absperrbar. Die Stellung der Gefässe gegen einander in Höhe, Entfernung und Lage wird geändert. Flüssigkeit Wasser. Änderungen in der Gestalt des Verbindungskanals. Princip der Wasserleitung.

2. Anstatt des einen Gefässes werden verschieden gestaltete Gefässe oder gebogene Röhren eingeschaltet. Gleichheit der Niveauhöhe, Prinzip des Wasserstandzeigers.

In die Verbindung zweier Cylinder wird ein nicht sehr weites U-Rohr, dessen Biegung Quecksilber enthält, eingeschaltet. Die Quecksilberniveaus zeigen eine Verschiebung, so wie die Hauptgefässe in ihrer Stellung der Höhe nach verändert werden, dasselbe findet auch naturgemäss statt, wenn anstatt des einen Cylinders eine gewöhnliche Röhre genommen wird.

3. Mit einem Cylinder wird ein engeres Rohr durch Schlauch verbunden, das Wasser steht höher in demselben. Direkter Vergleich der Niveaus durch unmittelbares Anhalten der engeren Röhre an das Hauptgefäss. Es können die engeren Röhren gewechselt werden vom capillaren Rohre bis zur Röhre mit 2 cm Durchmesser, wo die Capillarwirkung für die Mittelfläche unwirksam geworden ist.

4. Fertiger Apparat. Weitere Röhren mit communicierenden capillaren Röhren auf Stativ mit Skale. Die Röhren werden gefüllt mit Wasser (gefärbt), Alkohol (gefärbt), Quecksilber (durch Apparatenhandlungen erhaltbar).

5. Communicierende Röhren mit gleich weiten parallelen Schenkeln (20—30 cm lang) in vier Exemplaren *a*, *b*, *c*, *d*. (Fertige Apparate oder selbst anzufertigen). Anbringung einer Skale oder Messung mit Kathetometer.

a) Röhren, gefüllt mit derselben Flüssigkeit (Quecksilber oder Wasser);

b) mit Wasser und Quecksilber.

c) mit Wasser und Äther (gefärbt) ($h : h_1 = s_1 : s$).

d) mit Wasser und Alkohol (gefärbt); allmählicher Ausgleich des Niveaus.

Bestimmung der Höhen der Flüssigkeitssäulen; Bestimmung des spezifischen Gewichts; Demonstration der Diffusion bei d; die schwerere Flüssigkeit wird stets zuerst hineingegossen.

Abänderung unter Anwendung eines geteilten Cylinders (resp. eines Becherglases).

Die schwerere Flüssigkeit, z. B. Wasser, wird zuerst eingegossen, dann ein ca. 1 cm weites Rohr hineingebracht, in dieses wird die leichtere Flüssigkeit gegossen (Äther); die Höhen werden gemessen.[6]

---

[6]) Bei der Anwendung von concentrierten Salzlösungen z. B. Kaliumbichromatlösung.

Ergänzungsversuch als Repetition: Anwendung von drei Flüssigkeiten in einer zweischenkligen gleichweiten communicierenden Röhre; am einfachsten nimmt man Quecksilber als trennende Zwischenflüssigkeit.

6. Neigung der Röhre. a) Messung der Niveauhöhen von der horizontalen aus. Wasserwaage. Versuche damit.

7. Herstellung einer flachen Convexröhre mit Flüssigkeit (Wasser) gefüllt, die Öffnungen geschlossen. Wanderung der bei der Füllung zurückgelassenen Luftblase.

Libellen. Anwendung derselben.

8. Zeichnungen über die Verhältnisse bei artesischen Brunnen. Verbreitung des Wassers in der Erdoberfläche — Grundwasser.

Versuch. Das Communicieren wird nicht gehemmt, wenn dabei ein Cylinder mit Sand angefüllt ist. Verlangsamung im Ausgleich des Niveaus.

Künstliche Nachbildung von artesischen Brunnen ist durchführbar aber zeitraubend und auch wohl nicht erforderlich.

Hier können sich nun nach zwei Seiten hin Versuche anschliessen. Man kann den einen von zwei communicierenden Cylindern resp. die betreffende Röhre verschliessen und nun die Grösse des Druckes auf den Verschluss nachweisen. Der anatomische Heber, Realsche Presse, hydraulische Aufzüge können dann auch hier erörtert werden. Andererseits würde man auch zum Vertikalausfluss (hydrostatischer Springbrunnen) überleiten können.

Die geologischen Verhältnisse, welche bei 8. in Betracht kommen (Bildung und Beschaffenheit der verschiedenen Schichten (Material, Kies, Sand, Thon, grössere Gestein-Bruchstücke), lassen sich hier oder bei den Sedimentierungsprocessen, wenn dieselben in Anschluss an die Molekularerscheinungen zur Betrachtung kommen, erörtern. (Näheres in des Verfassers kurzem *Lehrbuch der allgemeinen Geologie*, erschienen bei Müller in Berlin.)

Dass sich auch Verhältnisse im Schleusenbau, den Wasserleitungen u. s. w. durch Versuche, die dann zur Repetition dienen können, erläutern lassen, mag nur angedeutet werden. Man wird bei der Auswahl solcher Versuche zweiter Ordnung von der Zeit des Unterrichts und dem Eifer des Lehrers abhängig sein. Auch ist klar, dass noch andere Reihen hierhergehörender Versuche, wie sie den Büchern von WEINHOLD u. s. w. zu entnehmen sind, in entsprechender Weise zusammengestellt werden können.

In ähnlicher Weise ist das Material für die Hydromechanik überhaupt, soweit sie im Unterricht zur Erörterung kommt, zusammengestellt, und ich habe gefunden, dass die Schüler zum Denken bei diesem Verfahren weit mehr hingeleitet werden als durch die schon fertigen Apparate allein.

Beispiele für die methodische Zusammenstellung der Experimente nach dem umgekehrten Prinzip, um diesen Ausdruck zu gebrauchen, sind von mir schon an verschiedenen Stellen gegeben (z. B. in der Arbeit über die HOLTZsche Elektrisiermaschine und die Versuche damit). In einer Arbeit „Anwendung comprimierter Gase im Schulunterricht" wird ein weiteres Beispiel gegeben werden.

Die Aufstellung von methodisch geordneten Experimenten wurde auch als Übung für das pädagogische Seminar des Dorotheenstädtischen Realgymnasiums verwertet.

E. Bei der Hochflut von neuen Lehrbüchern und neuen Ausgaben älterer Werke scheint es nicht erforderlich, eine Zusammenstellung hier anzufügen, die zugleich den Schein erwecken könnte, als ob das eine oder andere Werk absichtlich aus dem Verzeichnis ausgelassen oder eingesetzt wäre. Auch die Aufzählung von Modellsammlungen, Tafel- und Kartenwerken, von Experimentierbüchern würde immer nur unvollständig sein können und ihre weitere kürzere Inhaltsangabe einen Anhalt für die Auswahl nicht geben. Die Beispiele, auf welche Bemerkungen im Text sich beziehen, sind so zahlreich vorhanden, dass sie sich für den im Unterricht stehenden Lehrer von selbst darbieten werden.

Versuche zur Veranschaulichung der neueren Theorie der Elektrolyse.

Von
Dr. **Robert Lüpke** in Berlin.

(Fortsetzung.)

III. Die Überführungzahlen von Hittorf.

Wenn ein schwacher Strom längere Zeit zwischen vertikal stehenden Kupferelektroden durch eine Kupfersulfatlösung geht, so scheint keine weitere Veränderung einzutreten, als dass das Kupfer mit dem positiven Strom von der Anode zur Kathode wandert, die Anode also so viel an Kupfer verliert, als die Kathode zunimmt. Indessen beobachtet man, wofern man die Elektroden nach dem Stromdurchgang mit einem Galvanometer verbindet, einen Polarisationsstrom, welcher der Richtung des Primärstromes entgegengesetzt ist. Ersterer kann nun nicht, wie es bei der Elektrolyse der verdünnten Schwefelsäure zwischen Platinelektroden der Fall ist, von Gasen herrühren, da solche bei hinreichend schwachem Primärstrom an jenen Kupferelektroden nicht erscheinen. Es muss daher der Primärstrom in der Kupfersulfatlösung selbst noch gewisse Veränderungen bewirkt haben, die den Polarisationsstrom bedingen. Man erkannte bald, dass dieselben darin bestehen, dass die Concentration der Lösung an der Anode zunimmt und an der Kathode abnimmt, wobei aber der Gesamtgehalt der Lösung an Kupfersulfat constant bleibt. In den Jahren 1853—59 hat nun Hittorf diese an den Elektroden auftretenden Concentrationsänderungen bei sehr vielen Elektrolyten studiert. Die betreffenden Abhandlungen *„Über die Wanderungen der Jonen“* sind in *No. 21 und 23 von „Ostwald's Klassikern“* gesammelt. Die Resultate seiner mühevollen Untersuchungen haben erst in der Neuzeit die ihnen gebührende Würdigung erfahren.

Die von Hittorf benutzten Zersetzungszellen sind so construiert, dass die Elektrodenflächen horizontal und übereinander liegen, und sich die Lösung nach der Elektrolyse in einzelne, besonders zu analysierende Schichten unter Vermeidung einer Mischung derselben teilen lässt. Jene Concentrationsänderungen können bei der Elektrolyse einer Kupfersulfatlösung leicht mittels des Apparates *Fig. 11* sichtbar gemacht werden. Ein 30 cm langes und 3 cm weites Glasrohr ist an den beiden Enden mit Pfropfen verschlossen, durch welche die dicken Zuleitungsdrähte *a* und *k*, an welche siebartig durchlöcherte Kupferscheiben angenietet sind, befestigt werden. Schliesst man nun die Pole einer aus fünf Accumulatoren bestehenden Batterie an und schaltet in den Stromkreis noch einen Rheostaten ein, um den Strom soweit zu schwächen, dass sich keine Gase entwickeln, so erscheint nach einigen Minuten die um die Kathode *k* befindliche Flüssigkeit nur noch schwach blau gefärbt. In dem beistehenden Schema *Fig. 11* sind die Änderungen der Concentration, wie sie sich aus den Daten der Analyse eines der Hittorfschen Versuche ergeben, dargestellt. Zur deutlicheren Veranschaulichung ist die den Procentzahlen entsprechende Anzahl der Ionen aufgeführt, und zwar sind die Anionen durch die weissen, die Kationen durch die schwarzen Kugeln markiert. Der horizontale Strich scheidet die Kathoden- von der Anodenschicht. Vor der Elektrolyse ist die Lösung gleichmässig, und es mögen in

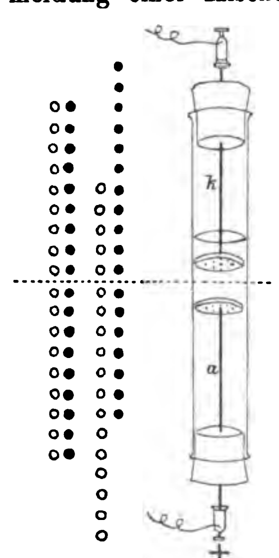


Fig. 11.

beiden Schichten je 9 Kationen und 9 Anionen vorhanden sein. Nach einer gewissen Zeit der Stromwirkung seien an der Kathode 6 Kupferatome ausgeschieden, und an der Anode ebenso viele *Cu*-ionen durch die SO_4-ionen gelöst. Während sich aber an der Kathode nur 5 *Cu* und 5 SO_4 befinden, sieht man an der Anode ausser den 6 ergänzten $CuSO_4$ noch 7 *Cu* und 7 SO_4. Würde während der Elektrolyse nur eine Wanderung der Anionen von der Kathoden- nach der Anodenschicht erfolgt sein, so hätte man in der letzteren im ganzen $9 + 6 = 15\,CuSO_4$ und in der Kathodenschicht $9 - 6 = 3\,CuSO_4$ finden müssen. Wenn andrerseits nur die 6 *Cu*-ionen von der Anoden- nach der Kathodenschicht an die hier disponibel gewordenen 6 SO_4 gewandert wären, so wären in beiden Schichten wieder je 9 *Cu* und 9 SO_4 vorhanden gewesen, wie vor der Elektrolyse. Thatsächlich aber befinden sich 5 *Cu* und 5 SO_4 an der Kathode und $7 + 6$ *Cu* und $7 + 6\,SO_4$ an der Anode. Also sind gleichzeitig beide Arten der Ionen, die *Cu* nach der Kathode und die SO_4 nach der Anode transportiert, und zwar 2 *Cu* von unten nach oben, und 4 SO_4 von oben nach unten. Auf je 6 an der Kathode frei werdende Kupferatome kommen mithin 2 *Cu*-ionen, die nach oben befördert werden, während die oben noch disponiblen 4 SO_4-ionen nach unten gehen, so dass unten im ganzen 6 SO_4-ionen auftreten, die hier auf Kosten der Anode mit *Cu*-ionen versehen werden. Es lässt sich also annehmen, dass von 6 Wegstrecken in der nämlichen Zeit ein *Cu*-ion um je 2, und ein SO_4-ion um je 4 fortschreitet. Die Quotienten $^2/_6 = 0{,}33$ und $^4/_6 = 0{,}66$ nennt Hittorf die Überführungszahlen für das Kation *Cu* bezw. Anion SO_4. Sie stellen die auf je 1 ausgeschiedenes Kupferatom übergeführten Mengen beider Ionen dar, oder sind auch als die von einem Ion zurückgelegte, durch die Summe der Wege beider Ionen dividierte Wegstrecke anzusehen. Bezeichnet man allgemein mit n die Überführungszahl des Anions, so ist die des Kations $1 - n$. Das Verhältnis $(1 - n) : n$ aber muss offenbar das Verhältnis der Geschwindigkeiten u und v angeben, mit denen sich während der Elektrolyse die Kationen bezw. Anionen bewegen, und so lassen sich die Resultate von Hittorf durch die Gleichung ausdrücken:

$$(1 - n)/n = u/v.$$

Hittorf erklärt somit die während der Elektrolyse eintretenden Änderungen der Concentration durch die Verschiedenheit der Wanderungsgeschwindigkeiten der Ionen. Das Verhältnis derselben erweist sich von der an den Elektroden herrschenden Potentialdifferenz und innerhalb gewisser Grenzen der Concentration der Lösungen auch von dieser unabhängig, und der Einfluss der Temperatur ist nicht erheblich.

IV. Das Gesetz von Kohlrausch.

In seinen Abhandlungen über die Wanderungen der Ionen hatte Hittorf wiederholt darauf hingewiesen, dass die Bestimmung der specifischen Leitfähigkeit der Elektrolyte d. h. des reciproken Wertes des Widerstandes derselben, weitere Aufschlüsse über das Wesen der Elektrolyse ergeben müsste. Da sich aber beim Durchgang des Stromes durch einen Elektrolyten eine elektromotorische Gegenkraft geltend macht, deren Grösse in noch nicht völlig bekannter Weise wechselt, so fehlte es lange Zeit an einer brauchbaren Methode zur Widerstandsmessung der Lösungen. Erst 1880 ist eine solche von F. Kohlrausch gefunden worden. Sein Verfahren ist im Princip dasselbe, nach welchem die Widerstände von Drähten mittels der Wheatstoneschen Anordnung bestimmt werden. Doch wird

die Wirkung der Polarisation durch Benutzung eines von einem Induktionsapparat gelieferten Wechselstromes eliminiert, und im Brückendraht statt eines Galvanometers ein Telephon als Indikator angewendet. In der Zelle befindet sich die zu prüfende Lösung zwischen platinierten Platinelektroden. Die Messung ergiebt nun den gewöhnlich auf Quecksilbereinheiten bezogenen Widerstand der Lösung. Aus diesem wird unter Berücksichtigung der Dimensionen der Zelle der specifische Widerstand s, d. h. die Anzahl der Widerstandseinheiten eines Flüssigkeitsfadens von 1 m Länge und 1 mm² Querschnitt verglichen mit einem gleich grossen Quecksilberfaden, und aus s die specifische Leitfähigkeit $L = 1/s$ gefunden. Da nun ferner im Hinblick auf das Faradaysche Gesetz anzunehmen war, dass ein die Leitfähigkeit der verschiedenen Elektrolyte beherrschendes Gesetz sich nicht ableiten liesse, so lange die Concentrationen der Lösungen in Procenten bestimmt würden, so bezog Kohlrausch die Werte von L auf Lösungen, welche 1 g-Molekel des Elektrolyten enthielten. Es ergab sich so die molekulare Leitfähigkeit λ. Ein Beispiel wird diesen Begriff verständlicher machen. Für eine 5 procentige Kaliumchloridlösung sei bei 0° $s = 160256$ Quecksilbereinheiten ermittelt. Dann ist $L = 62{,}4 \cdot 10^{-7}$. Da nun 5 g Kaliumchlorid in 100 cm³ Wasser enthalten sind, so wäre bei gleicher Concentration 1 g-Molekel KCl, nämlich 74,5 g, in 1490 cm³ Wasser gelöst. Aus dem Werte für L folgt nun, dass die Leitfähigkeit von 1 cm³ jener Lösung $624 \cdot 10^{-4}$, und also $\lambda = 624 \cdot 1490 \cdot 10^{-4} = 93$ ist. Befänden sich also in der Zelle 1490 cm³ jener Lösung zwischen zwei Elektroden, die 1490 cm² gross und 1 cm von einander entfernt sind, so würde sich als Widerstand $^1/_{93}$ Quecksilbereinheit ergeben. Man schreibt für die molekulare Leitfähigkeit einer Kaliumchloridlösung, die in 1,49 Litern Wasser 1 g-Molekel Salz enthält, $\lambda_{1,49} = 93$. Bedeutet allgemein V die Anzahl Liter, in welchen 1 g-Molekel des Elektrolyten gelöst ist, so ist $\lambda_V = L \cdot V \cdot 10^7$. Nach den Untersuchungen von Kohlrausch haben sich nun für Kaliumchloridlösungen verschiedener Concentration ergeben:

74,5 g KCl auf:	s	L	λ
0,33 Liter	$0{,}00399 \cdot 10^7$	$250{,}000 \cdot 10^{-7}$	82,7
1 "	$0{,}01088 \cdot 10^7$	$91{,}900 \cdot 10^{-7}$	91,9
2 "	$0{,}02087 \cdot 10^7$	$47{,}900 \cdot 10^{-7}$	95,8
10 "	$0{,}09360 \cdot 10^7$	$10{,}500 \cdot 10^{-7}$	104,7
100 "	$0{,}87184 \cdot 10^7$	$1{,}150 \cdot 10^{-7}$	114,7
1000 "	$8{,}38223 \cdot 10^7$	$0{,}119 \cdot 10^{-7}$	119,8

Aus diesen Zahlen ersieht man, dass die specifische Leitfähigkeit eines Elektrolyten mit Abnahme der Concentration abnimmt, aber nicht so schnell als diese. Ergänzt man daher den 10. Teil eines Flüssigkeitsfadens durch Hinzufügung von reinem Wasser auf die ganze Länge des Fadens, so wird die Leitfähigkeit nach der Verdünnung nicht ganz auf ein Zehntel, sondern etwa nur auf 0,11 des vorherigen Wertes vermindert. Obwohl also im zweiten Fall nur der 10. Teil der Salzmenge vorhanden ist als zuvor, ist infolge der weiteren Verdünnung jenes Zehntel des Salzes derartig verändert worden, dass es den Strom besser leitet als man erwarten sollte, oder es hat sich, nach Arrhenius, wie schon hier bemerkt werden mag, die relative Zahl der aktiven Molekeln vermehrt. Dieselbe Erscheinung kommt nun für die obigen Werte von λ zum Ausdruck. Aus diesen ergiebt sich der Satz: Die molekulare Leitfähigkeit wächst

mit der Verdünnung und erreicht bei einer bestimmten Grenze das Maximum λ_∞. Nach der Valenzregel von Ostwald kann man diesen Wert aus den experimentellen Daten berechnen. Für Kaliumchlorid beträgt er 140.

Indem ferner Kohlrausch die Differenzen der bei starken Verdünnungen gefundenen Werte von λ einerseits für zwei Elektrolyte mit einem gemeinsamen Anion und verschiedenen Kationen, andrerseits für zwei Elektrolyte mit einem andern gemeinsamen Anion und denselben verschiedenen Kationen berechnete, fand er diese Werte, wie ein unten folgendes Beispiel ergeben wird, nahezu constant. Er nahm daher an, dass der Wert λ_∞ eines Elektrolyten sich additiv aus zwei Constanten zusammensetze, die nichts anderes bedeuten können, als die Wanderungsgeschwindigkeiten u und v der Jonen. Unter dieser Voraussetzung stellte er die Gleichung auf

$$\lambda_\infty = u + v.$$

Die Berechnung der Grössen u und v ist aber nunmehr leicht ausführbar, da $u : v = 1 - n : n$ ist, wo n die Hittorfsche Überführungszahl des Anions bedeutet. Für Kaliumchlorid z. B. ist bei 25° $\lambda_\infty = u + v = 140$, $u : v = 0{,}491 : 0{,}509$, folglich $u_K = 68{,}6$ und $v_{Cl} = 71{,}4$. In der folgenden Tabelle sind unter I einige Elektrolyte, unter II die Hittorfschen Zahlen $1 - n$, unter III die neuesten, bei 25° ermittelten Werte λ_∞ (nach *Ostwalds Lehrbuch der allgemeinen Chemie Bd. 2, Teil I, S. 675*) und unter IV und V die nach obigem Beispiel berechneten Werte von u und v verzeichnet.

I Elektrolyt	II $1 - n$	III λ_∞ bei 25°	IV u bei 25°	V v bei 25°
KCl	0,491	140,0	68,6	71,4
KNO_3	0,503	135,7	68,3	67,4
$NaCl$	0,380	120,0	45,6	74,4
$NaNO_3$	0,387	113,7	44,0	69,7
$AgClO_3$	0,499	117,2	58,5	58,7
$AgNO_3$	0,477	124,2	59,2	65,0

Diese Zahlen lassen erkennen, dass $\lambda_{KCl} - \lambda_{NaCl} = 140 - 120 = 20$, und $\lambda_{KNO_3} - \lambda_{NaNO_3} = 135{,}7 - 113{,}7 = 22$ ist. Die Differenzen stimmen also nahezu überein. Soll nun jene Annahme von Kohlrausch richtig sein, also die Formel $\lambda_\infty = u + v$ allgemeine Gültigkeit haben, so muss das für einen Elektrolyten empirisch ermittelte λ_∞ übereinstimmen mit der Summe der Mittelwerte von u und v, welche aus den empirischen Daten von $1 - n$ und λ_∞ anderer Elektrolyte berechnet sind. Für den Elektrolyten KNO_3 ist $v_{NO_3} = 67{,}4$, für $AgClO_3$ ist $u_{Ag} = 58{,}5$, es ist also $u_{Ag} + v_{NO_3} = 125{,}9$, und in der That stimmt das gefundene $\lambda_{AgNO_3} = 124{,}2$ nahezu mit jenem theoretischen Wert überein. Jene Formel $\lambda_\infty = u + v$ ist somit der Ausdruck eines Gesetzes, welches das Gesetz der unabhängigen Wanderungsgeschwindigkeiten der Ionen genannt wird.

Sehr gut fügen sich dem Kohlrauschschen Gesetz schon bei mittleren Concentrationen die aus zwei einwertigen Ionen bestehenden Neutralsalze, sowie einige starke einsäurige Basen und einbasische Säuren. Für die Elektrolyten mit mehrwertigen Ionen erwies sich die experimentell gefundene moleculare Leitfähigkeit selbst bei starken Verdünnungen kleiner als jenem Gesetz entspricht, und Ostwald stellte daher die allgemeinere Formel $\lambda = \alpha (u + v)$ auf, in welcher α den Wert eines echten Bruches hat. Immerhin zeigte sich an dem (freilich sehr dürftigen)

Beobachtungsmaterial, dass diese Abweichungen um so geringer werden, je verdünnter die bei der Messung verwendeten Lösungen sind, und dass sich α bei unendlich grosser Verdünnung schliesslich der Einheit nähert. Nun darf aber der Verdünnungsgrad für die Praxis der Messung eine gewisse Grenze nicht überschreiten. In solchen Fällen hat man den Wert von u mit Hilfe des Wertes von λ_∞, wie er sich aus dem Chlorid oder Nitrat des betreffenden Kations sicher feststellen lässt, und den Wert v auf Grund des aus einem Kalium- oder Natriumsalz des fraglichen Anions leicht bestimmbaren Wertes von λ_∞ zu ermitteln.

Näheres über das Verhalten der Ionengeschwindigkeiten bei verschiedenen Temperaturen sowie über ihre Beziehung zur chemischen Constitution der Ionen findet man in dem *Lehrbuch der allgemeinen Chemie von Ostwald 2. Bd. 1. Teil 1893.* Nur möge noch bemerkt sein, dass die grösste Wanderungsgeschwindigkeit das Kation der Säuren hat, nämlich der Wasserstoff, für welchen Ostwald bei 25° $u = 320$ annimmt, und dass für den Wert v des Anions OH der Basen bei 25° die Zahl 170 gesetzt wird.

Von einer experimentellen Demonstration des Kohlrauschschen Gesetzes wird man im Unterricht absehen müssen. Dennoch mögen hier zwei Versuche beschrieben werden, welche zwar nicht ganz einwurfsfrei sind, wohl aber das Obige einigermassen veranschaulichen. Als Zersetzungszelle für den ersten Versuch verwende man ein mit Platinelektroden versehenes U-Rohr und leite einen Strom unter Einschaltung eines wenig empfindlichen, mit verticaler Nadel versehenen Galvanometers durch die äquimolecularen Lösungen zweier Natriumsalze, deren Anionen möglichst verschiedene Geschwindigkeiten haben, und zwar zunächst durch eine Lösung von Natriumacetat 84 : 100 ($v_{C_2H_3O_2} = 38{,}4$), hierauf unter Benutzung des nämlichen U-Rohres durch eine Lösung von Kochsalz 36 : 100 ($v_{Cl} = 70$). Im letzteren Fall zeigt die Nadel einen ungefähr dreimal so grossen Ausschlag, was wesentlich durch die grössere Leitfähigkeit des Chlorions gegenüber derjenigen des Acetylions bedingt ist.

Durch den zweiten Versuch lässt sich das Verhältnis der Ionengeschwindigkeiten objektiv darstellen. *Fig. 12* zeigt im Princip die Anordnung von Lodge (*Rep. of the Brit. Assoc. 1887, S. 389*), dessen zahlreichen Versuchen zur direkten Ermittelung der Wanderungsgeschwindigkeiten der Ionen der folgende mit einigen Abänderungen nachgebildet ist. Ein 8 mm weites, 40 cm langes Glasrohr r wird mittels eines Diamanten mit einer Centimeterteilung versehen und 1,5 cm vor jedem Ende rechtwinklig umgebogen. Ferner erhitze man über einem Wasserbad 140 g Wasser mit 10 g reiner Gelatine, bis sich letztere eben gelöst hat, füge 7 g Kochsalz und einige Tropfen der roten, schwach alkalischen Phenolphtaleïn-Lösung hinzu, so dass die Flüssigkeit deutlich rosarot gefärbt ist. Letztere wird nach dem Filtrieren in die Röhre r gegossen, worin sie sehr bald erstarrt. Hierauf wird das eine Ende der Röhre r durch die eine Durchbohrung eines Pfropfens gesteckt, dessen beide andere Durchbohrungen den Hahntrichter t und das massive Glasstäbchen s tragen. Dieser Pfropfen chliesst das obere Ende der

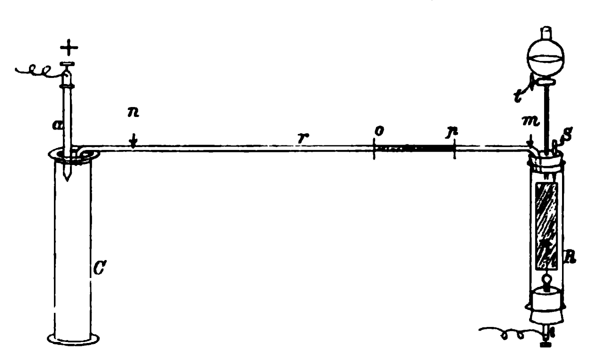


Fig. 12.

Röhre *R*. Im unteren Ende derselben ist mittels eines Pfropfens das zur Kathode bestimmte Platinblech *k* befestigt. Mit Hilfe des Trichters *t* und des Stäbchens *s* gelingt es leicht, die Röhre *R* unter gänzlicher Verdrängung der Luft mit einer Lösung von Kupferchlorid 1 : 10 zu füllen und luftdicht abzuschliessen. Ohne diese Massregel würde die Gelatine unter der Einwirkung des Stromes aus *r* teilweise herausgedrängt werden. Das andere Ende der Röhre *r* wird in einen mit verdünnter Salzsäure gefüllten Cylinder *C*, in welchem sich die aus Gaskohle bestehende Anode *a* befindet, eingesenkt. Die ganze Anordnung hat nun den Zweck zu zeigen, dass beim Stromdurchgang der Wasserstoff von *C* aus, und das Chlor von *R* aus in der Röhre *r* vordringt, was sich durch die Entfärbung der Gelatine zu erkennen giebt. Indessen muss man, bevor man die Pole anlegt, den Apparat mindestens 25 Stunden sich selbst überlassen. Denn schon der Vorgang der Diffusion der beiden Flüssigkeiten in die Gelatine bewirkt, dass sich letztere von den Enden her entfärbt, und zwar wird das Alkali der Gelatine durch die Salzsäure direkt neutralisiert, während es auf das vordringende Kupferchlorid nach der Gleichung $CuCl_2 + 2\,NaOH = CuO_2H_2 + NaCl$ reagiert, so dass an Stelle der Rotfärbung die schwach blaue Trübung des Kupferhydroxyds auftritt. Nun rückt bei 20°

in der Zeit von	1 Stunde,	4 Stunden,	25 Stunden,	36 Stunden,
die Salzsäure um	1 cm,	2 cm,	5 cm,	6 cm,
die Kupferchloridlösung um	0,5 cm,	1,0 cm,	2,5 cm,	3,0 cm

vor. Es entspricht dieser Vorgang dem Fickschen Gesetz: $h = a\sqrt{t}$, wenn *h* die Steighöhe, *a* eine Constante und *t* die Stundenzahl bedeutet. Für die verdünnte Salzsäure würde $a = 1$, für die Kupferchloridlösung $a = 1/2$ sein. Schliesst man nach 25 Stunden, nach welcher Zeit noch die Strecke *mn* rot ist, 9 Accumulatorenzellen an die Elektroden an, so schreitet die Entfärbung ungleich schneller vor, nämlich in 2 Stunden von *n* aus um 3 cm und von *m* aus um ungefähr 0,5 cm. Nach 10 Stunden ist nur noch die Strecke *op* rot gefärbt. Von der Anode her nahm also in dieser Zeit die Entfärbung um 18,8 cm, von der Kathode her um 3,7 cm zu, und zwar erscheint die Strecke *mp* nicht bläulich getrübt, sondern ebenso farblos wie die Strecke *no*. Zwischen den Teilstrichen 31 und 32 würde die rote Zone schliesslich ganz verschwinden. Die durch den Strom herbeigeführte Entfärbung beruht darauf, dass die von der Anode kommenden *H*-ionen mit dem Hydroxyl der in der Gelatine vorhandenen Base Wasser bilden und die frei gewordenen Natriumatome sich auf Kosten benachbarter *NaOH*-Molekeln wieder zu *NaOH* ergänzen. Die hierdurch freigewordenen Natriumatome verhalten sich ebenso, bis sie durch die vom Kathodenende anrückenden *Cl*-ionen gebunden werden. Somit wird in dem Masse, als die Ionen wandern, beiderseits das Alkali dem Phenolphtaleïn entzogen. Subtrahiert man von 18,8 und 3,7 cm die Strecken 0,9 bezw. 0,4 cm, um welche die Entfärbung während der Dauer des Stromdurchgangs durch die Diffusion allein zugenommen hätte, so restieren die Strecken 17,9 und 3,3 cm. Diese aber geben das Verhältnis der Geschwindigkeiten an, in denen die Ionen *H* und *Cl* durch die Einwirkung des Stromes wandern. Der Versuch lehrt also, dass das *H*-ion ungefähr fünfmal so schnell nach der Kathode vorrückt als das *Cl*-ion nach der Anode. Dass nun in wässrigen Lösungen der Befund derselbe sein würde als in der steifen Gelatine, ist nach Grahams Untersuchungen sicher anzunehmen, nach denen die Diffusion eines Salzes in einer Gallertmasse mit kaum geringerer Geschwindigkeit erfolgt als in reinem Wasser.

Würde man die Potentialdifferenz, welche an den Enden der Röhre r herrscht, messen, so würde man die Wanderungsgeschwindigkeiten beider Ionen in absoluten Einheiten d. h. in cm/sec. pro Volt/cm bestimmen können. Nach Budde und Kohlrausch ergeben sich diese absoluten Werte U und V durch Multiplication der relativen Grössen u und v mit dem Factor $110 . 10^{-7}$, so dass man bei 18° $U_H = 0{,}00352$ und $V_{Cl} = 0{,}00069$ cm findet, d. h. die Ionen wandern in 1 Secunde 0,00352 bezw. 0,00069 cm, falls die Potentialdifferenz an den Enden der 40 cm langen Röhre r genau 40 Volt beträgt. Ferner ist nach Kohlrausch (*Wied. Ann. Bd. 50, S. 403*) in sehr verdünnten Lösungen $U_K = 0{,}00066$, $U_{Na} = 0{,}00045$, $U_{Ag} = 0{,}00057$, $V_{NO_3} = 0{,}00063$, $V_{OH} = 0{,}00181$ cm. Für mehrwertige Ionen lassen sich die Wanderungsgeschwindigkeiten nicht mit genügender Sicherheit angeben.

V. Die Dissociationstheorie von Arrhenius.

Für die Erscheinungen der Leitfähigkeit der Elektrolyte, welche Ostwald durch die allgemeine Formel $\lambda = \alpha (u + v)$ zusammenfasst, hat Swante Arrhenius in Stockholm im Jahre 1887 durch seine Theorie der elektrolytischen Dissociation der Ionen eine befriedigende Erklärung gegeben. Da nämlich nach dem Gesetz von Kohlrausch die Ionen unter dem Einfluss des galvanischen Stromes mit einer ihrer chemischen Natur eigentümlichen Geschwindigkeit wandern, und es also gleichgültig sein muss, welches Anion einem bestimmten Kation angehört, so behauptete Arrhenius, dass die Molekeln der Elektrolyten in der wässrigen Lösung bereits in ihre beiden, mit den betreffenden elektrischen Ladungen behafteten Ionen dissociiert wären. Während sich ferner die Ionen sonst regellos zwischen den Wassermolekeln hin und her bewegen und dabei bald an ein entgegengesetztes Ion herantreten, bald wieder von ihm weichen, müssen sie, falls zwischen den eingesenkten Elektroden eine Potentialdifferenz besteht, bestimmte Bahnen einschlagen, und zwar das Kation nach der Kathode, das Anion nach der Anode. Die erste Arbeit, welche der elektrolysierende Strom auszuführen hat, besteht also darin, dass er die Reibungswiderstände, welche die Jonen an den ihnen im Wege stehenden Wassermolekeln erfahren, überwinden muss. Diese Widerstände sind nach der Natur der Ionen verschieden gross, und je grösser sie sind, um so geringer ist die Beweglichkeit, also auch die Wanderungsgeschwindigkeit derselben. Nach Kohlrausch (*Wied. Ann. Bd. 50, S. 407*) sind jene elektrolytischen Reibungen sehr beträchtlich. Damit 1 g eines Ions in verdünnter Lösung mit der Geschwindigkeit 1 cm/sec fortbewegt wird, bedarf es, wenn A das Äquivalentgewicht des Ions ist, einer Kraft von $984000/(A . U)$ bezw. $984000/(A . V)$ kg-Gew. Für 1 g Kalium in verdünnter Lösung werden also gefordert $984000/(39{,}1 . 0{,}00066) = 38 . 10^6$ kg-Gew. Diese zum Transport der Ionen verbrauchte Arbeit geht in Joule-Wärme über, ebenso wie in einem metallischen Leiter je nach dem specifischen Widerstand desselben ein Teil der Stromenergie in Wärme verwandelt wird.

An den Elektroden aber hat der Strom eine zweite Arbeit zu leisten, sei es, dass er die angezogenen Ionen neutralisiert, indem er die ihnen mit einer gewissen Intensität anhaftende Ladungsmenge entzieht, sei es, dass er aus dem Material der Elektroden oder des Wassers neue Ionen bildet, und zwar für die ankommenden Kationen neue Anionen oder für die ankommenden Anionen neue Kationen.

Demgemäss ist die Stromleitung einer elektrolytischen Lösung

durch das Vorhandensein freier Ionen bedingt, während die etwa anwesenden noch nicht dissociierten Molekeln sich an der Leitung gar nicht beteiligen. Jener Faktor α giebt an, welcher Bruchteil des theoretischen Wertes λ_∞ der gefundene Wert λ ist. Nach der Dissociationstheorie erhält aber α eine bestimmtere Bedeutung. Da nur die freien Ionen die Stromleitung ermöglichen, so bezeichnet α denjenigen Bruchteil der Molekeln des Elektrolyten, welche die Dissociation erlitten haben, und heisst daher der Dissociationskoefficient. Sind z. B. in 1 Liter Wasser 100 g-Molekeln des Elektrolyten gelöst, und sind 80 g-Molekeln dissociiert, so ist $\alpha = 0{,}8$. Die merkwürdige Thatsache nun, dass bei zunehmender Verdünnung die Grösse λ wächst, d. h. die auf die gleiche Gewichtsmenge des Elektrolyten bezogene Leitfähigkeit zunimmt, erklärt sich nach Arrhenius daraus, dass bei fortgesetztem Zusatz des Lösungsmittels eine weitere Dissociation der Molekeln, mithin eine Vermehrung der die Elektricität transportierenden Ionen erfolgt, oder dass, wie Arrhenius sich ausdrückt, eine grössere Anzahl der Molekeln aktiv wird. Sind schliesslich von einer bestimmten Verdünnung an alle Molekeln dissociiert, so hat die Leitfähigkeit, die nunmehr als λ_∞ bezeichnet wird, ihr Maximum erreicht. Für diesen Fall ist $\alpha = 1$. Aus den Gleichungen $\lambda = \alpha\,(u + v)$ und $\lambda_\infty = u + v$ berechnet sich $\alpha = \lambda/\lambda_\infty$.

Der Dissociationstheorie gemäss leiten die flüssigen, chemisch reinen Elektrolyte, wie condensierter Chlorwasserstoff, 100 procentige Schwefelsäure u. s. w., den Strom nicht, weil ihre Molekeln nicht dissociiert sind. Aus demselben Grunde verhält sich auch das chemisch reine Wasser wie ein Nichtelektrolyt. Denn das von Kohlrausch und Heydweiller im Vacuum destillirte Wasser zeigt bei 18° einen specifischen Widerstand von $24{,}75 \,.\, 10^{10}$ Quecksilbereinheiten (*Sitzungsber. d. K. preuss. Akad., physik.-math. Kl. 1894, S. 295*). Eine Säule solchen Wassers von 1 mm Höhe würde dem Strom einen noch etwas grösseren Widerstand entgegensetzen als eine gleich dicke, dreihundertmal um den Erdäquator geführte Kupferdrahtleitung. Die molekulare Leitfähigkeit von einem Liter jenes Wassers würde $0{,}404 \,.\, 10^{-4}$ sein, und da $u_H = 325$ und $v_{OH} = 170$ gesetzt wird, so würde die Dissociation desselben so gering sein, dass 1 g H-ionen und 17 g OH-ionen erst in $12^1/_2$ Millionen Litern enthalten wären. Absolut reines Wasser kann daher als Nichtleiter angesehen werden, und man darf annehmen, dass das Wasser an der Elektrolyse der Lösungen primär nicht Anteil nimmt.

Den beiden Thatsachen gegenüber, dass weder die blossen Elektrolyte noch das reine Wasser den Strom leiten, ist es im höchsten Grade auffällig, dass die wässrigen Lösungen derselben den Strom passieren lassen. Demnach ist dem Wasser das Vermögen zuzuschreiben, die Molekeln eines Elektrolyten in seine beiden Ionen zu trennen, also die Kräfte zu überwinden, mit denen die entgegengesetzt geladenen Ionen in den nach aussen neutral erscheinenden Molekeln zusammengehalten werden. Da im Allgemeinen der rein physikalische Vorgang der Lösung eines Elektrolyten unter Abkühlung erfolgt, so ist es wahrscheinlich, dass diese Energiebindung bei der Dissociierungsarbeit wesentlich in Betracht kommt. Werden doch bei der Lösung von 1 g-Mol. Kalisalpeter (101 g) 8500 g-cal. gebunden, die einer Arbeit von 3600 kgm entsprechen. Worin aber des näheren der Mechanismus der Dissociation besteht, ist noch nicht ergründet. Immerhin ist zu hoffen, dass mit der weiteren Entwickelung der Energielehre auch dieses Problem gelöst wird.

Ausser dem Wasser sind zwar noch einige andere Flüssigkeiten, namentlich

solche, deren Molekeln, wie die der Alkohole, Hydroxylgruppen enthalten, imstande, eine Dissociation der Elektrolyte bei der Lösung zu bewirken. Das Wasser aber ist ihnen allen mit Bezug auf das Dissociierungsvermögen weit voraus, und auf diese sowie auf seine sonstigen exceptionellen Eigenschaften ist die ausserordentlich wichtige Rolle zurückzuführen, die es im Haushalte der Natur spielt. Während die Lösung des Chlorwasserstoffs in Wasser ein vorzüglicher Leiter ist, wird die Stromleitung in einer Lösung des getrockneten Chlorwasserstoffs in Chloroform auch bei stärkeren Strömen völlig verhindert. Denn bringt man ein mit Platinelektroden versehenes, mit letzterer Lösung gefülltes U-Rohr nebst einem Galvanometer in den Stromkreis einer selbst aus 10 Accumulatoren bestehenden Batterie, so zeigt die Nadel nicht den geringsten Ausschlag.

Dass die Elektrolyte im geschmolzenen Zustand den Strom leiten, erscheint insofern begreiflich, als ein Teil der zum Schmelzen aufgewendeten Wärme die Dissociierungsarbeit leistet.

Dagegen ist noch eine andere Frage zu beantworten, woher denn die elektrischen Ladungen der Ionen stammen, welche als Bestandteile der Molekeln eines Elektrolyten gelten? Setzen sich doch die Ionen, wenn sie nicht selbst Elementaratome sind, aus solchen zusammen, und nimmt man doch von diesen an, dass sie im freien Zustand unelektrisch sind? Auch zur Lösung dieses Problems ist bereits der erste Schritt gethan, und zwar von Ostwald (*Ztschr. für physikal. Chemie. 11. (1893), S. 501*), indem er die Ionisationswärme j der Elemente ermittelte, d. h. die Wärmemenge, die beim Übergang eines g-Atoms eines Elementes in den Ionenzustand frei oder gebunden wird. In aller Kürze möge hier auseinandergesetzt werden, auf welchem Wege er zu dem Werte von j für Kupfer gelangt. Geht ein Strom zwischen Kupferelektroden durch eine Kupfersulfatlösung, so wird das Kupfer der Anode in den Ionenzustand übergeführt. Hierbei wird pro g-Atom Cu die Wärmemenge $w = 10200$ cal. frei, welche indirekt aus der Änderung ermittelt wird, die der Potentialunterschied zwischen einer Kupferelektrode und einer Kupfersulfatlösung mit der Temperatur erfährt. Da ferner dieser Potentialunterschied für eine normale Kupfersulfatlösung nach den mittels eines Kapillarelektrometers vorgenommenen Messungen $-0{,}60$ Volt beträgt, wobei das Potential des Metalls $= 0$ gesetzt ist, so wird für 1 g-Atom Kupfer die Energiemenge $E = 2 . 96540 . 0{,}60$ Volt-Coulomb $= 27700$ cal. frei. Nun aber muss $w = E + j$ sein, mithin ist $j = 10200 - 27700 = -17500$ cal., d. h. also: 17500 cal. werden bei dem Ionisierungsvorgang eines Kupferatoms gebunden, so dass das Cu-ion um diese Energiemenge reicher ist als das neutrale Kupferatom. Sehr leicht ist ferner aus dem Werte j für Kupfer derjenige für Zink zu finden. Aus der thermochemischen Gleichung: $Zn + Cu\,SO_4 = Zn\,SO_4 + Cu + 50100$ cal. folgt, dass 50100 cal. frei werden, wenn 1 g-Ion Kupfer seinen Ionenzustand aufgiebt, und dafür 1 g-Atom Zink ionisiert wird. Da nun hierbei für 1 Cu-ion 17500 cal. frei werden müssen, so giebt 1 g-Atom Zink, indem es Ion wird, $50100 - 17500 = 32600$ cal. ab. Daher ist 1 g-Ion Zink um diese Energiemenge ärmer als 1 g-Atom neutralen metallischen Zinks. Bezeichnet man nach Ostwald je ein positives Elektricitätsquantum eines Kations durch einen Punkt (·), je ein negatives eines Anions durch einen Strich ('), so lassen sich die Ionisierungsvorgänge durch thermochemische Gleichungen ausdrücken, wie z. B. $Cu = Cu^{\cdot\cdot} - 17500$ cal., $Zn = Zn^{\cdot\cdot} + 32600$ cal., $Cl = Cl' + 40100$ cal. Sowie man den Wert von j für Zink aus der Ionisierungswärme des Kupfers und einer thermochemischen Reaktionsgleichung erhalten kann, lassen sich auch die

übrigen Ionisierungswärmen bestimmen. Diese Werte sind von besonderem Interesse. Daher mögen die Ostwaldschen, auf eine Valenzmenge sich beziehenden Zahlen hier folgen: $K = +61000$, $Al = +39200$, $Zn = 16300$, Fe(Ferroion)$= +10000$, $Pb = -500$, $H = -800$, $Cu = -8800$, $Ag = -26200$. Wenn auch diese Daten wegen der Schwierigkeit der Bestimmung von w und E nicht absolut sicher sind, so geht doch aus ihnen hervor, dass die Ionisierung eines Atoms bald mit einer Abgabe, bald mit einer Aufnahme von Energie verknüpft ist, und dass im Ionenzustand diejenigen Elemente energieärmer sind, welche eine höhere chemische Aktivität zeigen, während den chemisch trägeren Elementen von aussen Energie zuzufügen ist, wenn sie Ionen werden sollen. Umgekehrt wird die Neutralisierung der Ionen jener Elemente nur mit Aufwendung grösserer Energiemengen möglich sein, wohingegen die Ionen der letzteren Elemente sich mit Leichtigkeit abscheiden. Besonders aber ist hervorzuheben, dass die Ausstattung der Atome mit elektrischen Ladungen nicht notwendig einen Energieverbrauch bedingt. Allgemein lässt sich nur sagen, dass bei der Ionisierung die einem Atom innewohnende Energie eine Umformung erleidet. Während ein Teil in elektrische übergeht, kann ein anderer Teil nach aussen abgegeben werden, oder es wird von aussen noch Energie aufgenommen. Je nach dem chemischen Charakter des Elementes ist also seine Gesamtenergie in der Ionenform grösser oder geringer.

Der neuen Theorie der elektrolytischen Dissociation ist es anfangs nicht leicht gewesen, sich zu behaupten, und wenn auch dank der eifrigen Arbeit ihrer Vertreter die Zahl der Anhänger sehr schnell zugenommen hat, so giebt es doch noch Physiker und Chemiker, welche sich nicht dazu entschliessen können, die Existenz freier, mit elektrischen Ladungen behafteter Teilmolekeln anzuerkennen. In betreff der Wirkungsweise des elektrolysierenden Stromes stehen jene Physiker zumeist noch immer auf dem Boden der alten, aus dem Jahre 1805 stammenden Grotthussschen Theorie. Diese nahm an, die Arbeit des Stromes bei der Elektrolyse bestünde darin, die als solche in der Lösung befindlichen Molekeln des Elektrolyten in Reihen zu ordnen und an den Elektroden die Ionen aus dem Verband der Molekeln zu trennen. Man glaubte so erklärt zu haben, wie die elektrische Energie in chemische übergehe. Gegen diese Ansicht wendete Clausius schon 1857 (*Mechanische Behandlung der Elektricität 1879, Abschnitt VI*) ein, dass sich die Lösung eines Elektrolyten erst dann als Leiter verhalten dürfte, wenn die Stromenergie denjenigen Grad erreicht hätte, der zur Zerlegung der Molekeln erforderlich wäre, und dass von diesem Moment an, der sich durch einen plötzlich erfolgenden Ausschlag eines eingeschalteten Galvanometers hätte erkennen lassen sollen, sehr viele Molekeln mit einem Male zersetzt werden müssten. Thatsächlich aber vermag schon ein Strom von minimaler Stärke elektrolytisch zu wirken, wofern nur die an den Elektroden herrschende Spannung die im Allgemeinen geringe elektromotorische Gegenkraft, die von dem Material der Elektroden, sowie von dem Charakter der Ionen abhängt, welche mehr oder weniger leicht ihre Ladungen abgeben, eben noch überwindet. Ist diese Bedingung erfüllt, so beginnt die Galvanometernadel auszuschlagen. Der Ausschlag wächst ganz allmählich, sowie die elektromotorische Kraft des Stromes zunimmt, und da infolge dessen die Strommenge, welche die Lösung passiert, grösser wird, so wird nach dem Faradayschen Gesetz die Quantität der abgeschiedenen Ionen vermehrt. Die Erfahrung lehrt also, dass die Leiter zweiter Ordnung dem Ohmschen Gesetz vollkommen genügen, was auf Grund der Grotthussschen Theorie nicht der Fall sein könnte.

Wenn wirklich die Stromenergie zur Spaltung der Molekeln des Elektrolyten aufgewendet würde, so müssten ferner gerade diejenigen Elektolyten ein grösseres Leitungsvermögen zeigen, deren Ionen im chemischen Sinne durch eine schwache Verwandtschaft zusammengehalten werden. Die Erfahrung widerspricht auch dieser Folgerung, denn eine Lösung von Quecksilberchlorid leitet weit schlechter als eine solche von Kaliumchlorid, und bei der Elektrolyse des Kaliumsilbercyanids geht gerade das Kalium, das doch fester gebunden sein müsste, an die Kathode, während das Silber an die Anode wandert. Gegenüber der älteren Theorie ist die Dissociationstheorie von jenen Einwänden frei; sie trägt, wie oben erörtert, den Thatsachen der Elektrolyse in ausreichender Weise Rechnung und darf daher als ein Ersatz für jene gelten.

Den Chemikern aber, welche die Existenz der freien Ionen leugnen, weil sich dieselben chemisch anders verhalten als die neutralen Atome, ist entgegenzuhalten, dass die Ionen, wie oben erörtert worden ist, einen anderen Energieinhalt besitzen als die Elemente im freien Zustand und daher andere Qualitäten aufweisen müssen als jene. Wenn in einer Lösung von Kaliumchlorid das $K^{\cdot}$ auf das Wasser nicht reagiert, also aus demselben keinen Wasserstoff abspaltet, wenn ferner das Cl' geruchlos ist, so liegt dies entweder daran, dass die chemische Energie der Ionen von der der freien Elemente dem Grade nach verschieden ist, oder daran, dass jene infolge der elektrischen Ladungen ihren Energieinhalt chemisch nicht wie sonst äussern. Gewöhnliches Zink löst sich in Salzsäure auf, nicht aber, wenn man es negativ ladet. Erklärt man doch auch die verschiedene Reaktionsfähigkeit der allotropischen Modifikationen der Elemente, wie des Phosphors, Sauerstoffs, Kohlenstoffs u. s. w., durch die wohlbegründete Annahme eines verschiedenen Energieinhaltes!

Weit entfernt, den Thatsachen der Chemie zu widersprechen, ist vielmehr die Dissociationstheorie imstande, sehr viele, bisher noch rätselhafte chemische Vorgänge begreiflich zu machen. Dass die Metalle aus den Mineralsäuren leicht Wasserstoff in Freiheit setzen, während sie gegen Kohlenwasserstoffe indifferent sind, dass sich ferner die Hydroxylgruppen der Ätzalkalien bei der Einwirkung auf die Salze der Schwermetalle leicht abspalten, wohingegen diese Gruppen aus den Alkoholen auf diese Weise nicht verdrängt werden, liesse sich nicht einsehen, wenn in den Molekeln jener Säuren und Basen ein festerer Zusammenhang vorausgesetzt würde als in den organischen Körpern. Die hohe Reaktionsfähigkeit derjenigen anorganischen Verbindungen, welche Elektrolyte sind, die Geschwindigkeit, mit welcher ihre Wirkungen eintreten, gegenüber der Langsamkeit, mit welcher die Nichtelektrolyte, namentlich die Kohlenstoffverbindungen, reagieren, wird erst durch die Dissociationstheorie verständlich (*Ostwald, Ztschr. für physikal. Chemie 2 (1888), S. 270*). In gelöster Form sind gerade diejenigen Stoffe die chemisch aktivsten, in deren Molekeln die Bestandteile dissociiert sind; und von dieser Thatsache macht nicht allein die analytische, sondern auch die synthetische Chemie, besonders die der Kohlenstoffverbindungen, die ausgedehnteste Anwendung. Auch die Endresultate, denen die chemischen Processe unter der Mitwirkung der Elektrolyte zustreben, sind nach der Dissociationstheorie von vornherein ersichtlich. Denn die Massenteilchen tauschen sich Ion für Ion aus, und dies um so schneller, je grösser die Beweglichkeit der Ionen, und je vollkommener die Dissociation vorgeschritten ist. Der Ostwaldsche Dissociationskoefficient α gewinnt daher um so mehr an Bedeutung, als er zugleich der Aktivitätskoefficient

bei chemischen Reaktionen ist und den Weg angiebt, wie man zu einer Bestimmung der chemischen Affinität gelangen kann.

Es leuchtet ferner ein, dass die Reagentien, welche die Erkennung eines Elementes gestatten, wenn es sich im Ionenzustand befindet, nicht mehr verwendbar sind, sobald es mit andern Elementen ein zusammengesetztes Ion bildet. So ist in dem ClO_3' des Kaliumchlorats das Chlor nicht mehr durch Silbersalzlösungen nachweisbar. Wenn ferner das Eisenatom in den Kaliumsalzen der Ferro- und Ferricyanwasserstoffsäure durch Schwefelammonium, das Kupfer aus seinen Salzen bei Gegenwart von Weinsäure durch Natronlauge nicht gefällt wird, so ist der Grund hierfür der, dass in jenen Fällen die Metalle Eisen und Kupfer nicht mehr selbständige Ionen, sondern Bestandteile complexer Ionen sind, also die Bedingungen für normale Reaktionen nicht erfüllen. Im Zusammenhang hiermit steht die schärfere Begrenzung der Begriffe: Doppelsalz und Salz einer complexen Säure. Aus der Lösung des ersteren scheiden sich bei der Elektrolyse beide Metalle als Kationen ab, während das Metall eines complexen Anions mit diesem an die Anode wandert.

Ferner sei noch darauf hingewiesen, dass auch die Thermoneutralität, die man beim Vermischen solcher Salzlösungen beobachtet, welche keine Niederschläge geben ($KCl + NaNO_3$, $AgNO_3 + CuSO_4$), sowie die Erscheinung der gleichen Neutralisationswärme durch die Ionentheorie erklärt wird. Letztere Wärmemenge, welche bei der Neutralisation einer löslichen Säure und einer löslichen Base zu löslichem Salz frei wird, rührt ausschliesslich von der Verbindung der $H^{\cdot}$ der Säuren und der OH' der Basen her und muss daher von dem Anion der Säuren und dem Metall der Basen unabhängig sein, also auch immer denselben Wert $H^{\cdot} + OH' = H_2O + 13700$ cal. bei 20° (Arrhenius, *Ztschr. f. physikal. Chemie 4 (1889), S. 96*) haben, falls nicht infolge unvollkommener Dissociation sonstige Energieänderungen eintreten.

Wenn endlich die Verseifung der Ester gleich schnell erfolgt, welche Base oder welche Säure man auch einwirken lässt, so setzt dies das Vorhandensein freier OH' bezw. $H^{\cdot}$, mithin eine Dissociation der Basis- bezw. Säuremolekeln voraus.

Zum direkten Nachweis der Existenz freier Jonen führt Ostwald (*Ztschr. für physikal. Chemie 2 (1888), S. 271 und 3 (1889), S. 120*) einige Versuche an, von denen mir nur einer, und zwar in der folgenden Anordnung, für den Unterricht passend erscheint. An die Enden eines 40 cm langen und 1 cm weiten Glasrohres ist rechtwinkelig zu demselben je ein Rohr von der Grösse eines Reagenzglases angeschmolzen. Das eine ist mit einem Pfropfen dicht verschlossen, in dessen Durchbohrung ein Stab chemisch reinen, amalgamierten Zinks steckt. Dem andern Rohr, in dessen unterem Ende ein Stück Platindraht eingeschmolzen ist, wird, nachdem das Ganze mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt ist, ein Pfropfen aufgesetzt, der ein zweimal rechtwinklig gebogenes, mit einer blauen Flüssigkeit gefülltes Manometerrohr trägt. Wird nun der Zinkstab mit dem Anoden-, der Platindraht mit dem Kathodenpol einer fünfzelligen Accumulatorenbatterie verbunden, so tritt am Platindraht sofort Wasserstoff auf und bewirkt, dass die Flüssigkeit im Manometerrohr steigt. Würde nun der Strom die Molekeln der Schwefelsäure erst zu zerlegen haben, so müssten die beiden Wasserstoffatome, denen das SO_4-radical vom Zink entzogen wäre, durch das horizontale, 40 cm lange Rohr zur Platinkathode wandern. Hierzu wäre aber, wie einer der früheren Versuche lehrte, eine Zeit von mehreren Stunden erforderlich. Da aber der Wasserstoff thatsächlich gleich im Momente des Stromschlusses an der Kathode

sichtbar wird, so müssen in der Nähe derselben freie Wasserstoffionen schon vorhanden gewesen sein, und diese werden nach der Neutralisierung ihrer Ladungen in Gasform entbunden.

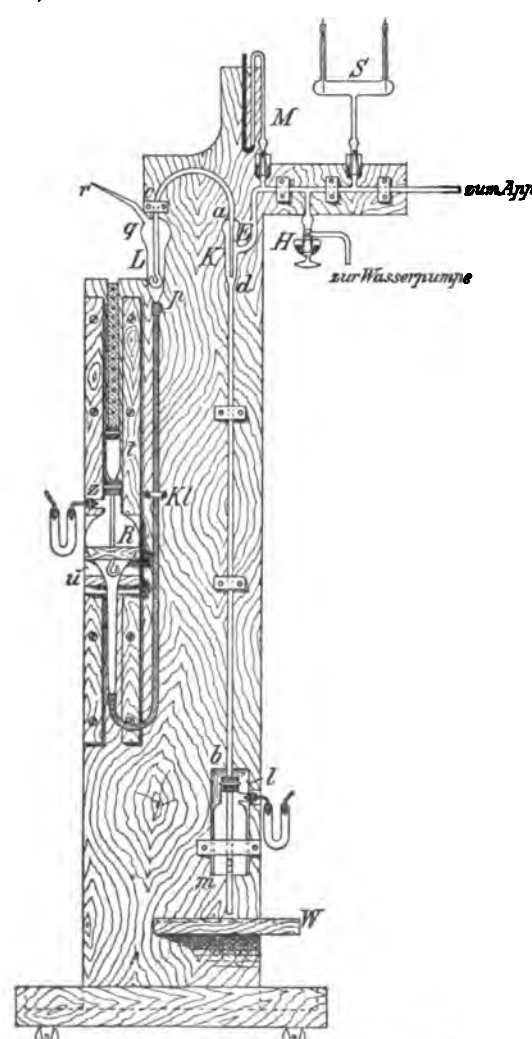
So erscheint die Dissociationstheorie nicht nur gegen alle jene Einwände gerechtfertigt, sondern sie wird auch zur Erklärung mancherlei Vorgänge gefordert. Noch prägnanter aber wird ihre Richtigkeit durch Erscheinungen bewiesen, die einem Gebiete angehören, welches mit der Elektrolyse direkt nichts zu thun hat. Hiervon soll im nächsten Aufsatz die Rede sein, der von der van 't Hoffschen Theorie der Lösungen handeln wird.

Handquecksilberluftpumpe nach dem Sprengelschen Princip.

Von

Georg W. A. Kahlbaum in Basel.

Seit einer Reihe von Jahren (1888) schon bediene ich mich für gewisse Zwecke, bei denen es sich um das Evacuieren kleinerer, vollkommen geschlossener Räume, bis auf recht weit gehende Verdünnungen handelt, einer sehr einfachen kleinen Pumpe meiner Construktion, die mancherlei Vorteile bietet, und zu mancherlei Versuchen besonders geeignet, in nachfolgendem beschrieben sei.



Die Pumpe beruht auf dem Sprengelschen Princip, nach dem durch fallendes Quecksilber die Luft mitgerissen, und dadurch ein Raum evacuiert wird. In dem wenig erweiterten Teil K des Fallrohres ab mündet bei a das Quecksilberzuleitungsrohr cd dem von a bis d ein engeres Rohr vorgeschmolzen ist, dessen Durchmesser so gewählt ist, dass er im Lichten um ein Weniges geringer als der des Fallrohres ab ist. Von K zweigt sich bei E ein doppelt rechtwinklig gebogenes Rohr ab, das zum Apparat führt und auf zwei, der von mir angegebenen Normalschliffen[1]), ein Manometer M und ein, als Vacuumprüfer dienendes Geisslersches Rohr S trägt. Nach unten gerichtet zweigt sich noch ein Hahn H, meiner Construktion[1]) ab, der jedoch nur in Verwendung tritt, wenn

[1]) Vgl. Kahlbaum, *Schliffe und Hähne*, *Zeitschrift für Instrumentenkunde 1894*, *S. 21*, sowie diese Zeitschrift *S. 97* des vorliegenden Heftes.

eine kleine Wasserluftpumpe zum Vorpumpen zur Verfügung steht[2]). Das Fallrohr *ab* mündet bis dicht über den Boden einer kleinen Vorlegeflasche *lm*, die ein nach unten verlängertes, rechtwinklig gebogenes Ausflussrohr trägt. Dem Quecksilberzuflussrohr *cd* ist bei *c* ein Luftfang *L*, angeschmolzen, der an seinem obern erweiterten Teile ein engeres Rohr *qr*, das bei *r* zur Capillare ausgezogen ist trägt. Von *p* aus ist der Luftfang durch einen dickwandigen Kautschukschlauch mit dem Quecksilberreservoir *R* verbunden, das durch den seitlichen Tubus *z* über ein Chlorcalciumrohr mit der äusseren Luft in Verbindung steht, während es an seinem obern Hals durch ein, nach unten verlängertes, am untern Ende hakenförmig umgebogenes Trichterrohr *tu* verschlossen ist. Die ganze, aus einem Stück Glas bestehende Pumpe ist auf einem leicht beweglichen Holzgestell befestigt; *R* ruht auf einem verschiebbaren Schlitten.

Soll die Pumpe, nachdem sie, was von grösster Wichtigkeit, vorher auf das sorgfältigste getrocknet wurde, in Betrieb gesetzt werden, so wird folgendermassen vorgegangen. In der Vorlegeflasche *lm* befindet sich so viel Quecksilber, dass das Fallrohr genügend weit unter dasselbe taucht, um sich bei vermindertem Luftdruck, bis zu Barometerhöhe mit Quecksilber anzufüllen. Sollte vielleicht beim Zusammensetzen des Apparates übersehen sein, Quecksilber in die Vorlegeflasche zu füllen, so kann das nachträglich durch den seitlichen Stutzen von *lm* mit Hülfe eines gebogenen Trichters leicht geschehen.

Ist das Fallrohr durch das Quecksilber in der Vorlegeflasche geschlossen und ebenso der Hahn *H*, so wird die Capillare *qr* bei *r* durch einen Feilenstrich geöffnet und das mit Quecksilber gefüllte Reservoir *R* freihändig soweit gehoben, dass durch *r* alle Luft aus dem Luftfang austritt. Die Klemme *Kl* um den Kautschukschlauch wird geschlossen, das Reservoir auf den Schlitten gesetzt und die Capillare bei *R* zugeschmolzen. Vorausgesetzt, dass eine Wasserluftpumpe zur Verfügung steht, wird nunmehr *H* mit dieser verbunden, doch ist darauf Bedacht zu nehmen, dass, um den Apparat vor eindringenden Wasserdämpfen zu schützen, der Wasserpumpe noch ein Trockenapparat vorgelegt wird. Die Wasserluftpumpe wird in Betrieb gesetzt, Hahn *H* geöffnet und mit der Wasserpumpe bis zur Wirkungsgrenze derselben evacuiert. Ist keine Wasserluftpumpe zur Hand, so bleibt Hahn *H* geschlossen, Reservoir *R* soweit gehoben, dass das Niveau des Quecksilbers in demselben über der Biegungsstelle des Zuflussrohres *ca* steht. Der Schlitten möglichst hoch gestellt, eine der beiden Übergussflaschen auf die Wippe *W* unter *lm* gesetzt und die Klemme *Kl* geöffnet. Ist alles Quecksilber bis auf einen, noch im Reservoir sichtbaren Rest abgelaufen, so wird die Klemme geschlossen, eine zweite Flasche unter *lm* gesetzt und das Quecksilber durch *tu* in das Reservoir gegossen. In allen Fällen, wenn es sich nicht um gar zu grosse Apparate handelt, wird es nun genügen, einfach die Klemme zu öffnen. Die Verdünnung wird soweit vorgeschritten sein, dass das Quecksilber durch den Luftdruck allein zum Überfliessen gebracht wird. Bei Apparaten mit einem Inhalt bis etwa 500 cm^3 genügt es, das Quecksilber etwa dreimal umzuschütten, um eine Verdünnung bis auf 10 mm, der Wirkungsgrenze einer gut arbeitenden Wasserluftpumpe, zu erreichen.

Soll nun das eigentliche Evacuieren beginnen, so wird das Reservoir mit dem Schlitten bis auf die, am Gestell markierte Stelle herabgelassen, die sich etwa 600 mm unter der Biegungsstelle des Zuflussrohres befindet. Auf der Wippe *W*

[2]) Solche kleinen Wasserpumpen liefert in vorzüglich wirkender Construktion zum Preise von 1 Mark, Carl Kramer, Freiburg i. B.

unter *lm* befindet sich die eine leere Übergussflasche. Das auf der Rückseite des Gestelles an der Wippe befindliche Laufgewicht ist so eingestellt, dass es der mit Quecksilber gefüllten Übergussflasche das Gleichgewicht hält. Die Klemme wird geöffnet, das Quecksilber strömt durch *ad* in das Fallrohr und gelangt über *lm* in das untergestellte Gefäss. Ist dasselbe fast mit Quecksilber gefüllt, so ergreift die rechte Hand des vor dem Apparat Sitzenden dieses, die linke Hand drückt mit der zweiten leeren Flasche leicht auf die Wippe und ohne dass ein Tropfen Quecksilber verloren geht, wird der Wechsel der Gefässe vollzogen, und ohne dass der Platz verlassen wird, wird das übergelaufene Quecksilber in das Reservoir geschüttet. Die Pumpe arbeitet während dessen ununterbrochen weiter.

Apparate von 300 cm³ Inhalt werden als Minimalleistung jeder Pumpe, auf diese Weise in noch nicht 5 Minuten bis auf 0,5 mm Druck evacuiert. In 15 Minuten bis auf 0,001 mm. Der höchste mit dieser Pumpe mit nur einem Luftfang erreichte Verdünnungsgrad betrug, mit dem Mc. Leodschen Volumometer bestimmt, 0,000015 mm = $^1/_{50}$ Millionstel Atmosphäre. Um solche Verdünnungen zu erreichen, wie die letztgenannte, ist natürlich unbedingte Voraussetzung absolute Trockenheit des ganzen Apparates, die nur erzielt werden kann, wenn zwischen Apparat und Pumpe noch ein Gefäss mit Phosphorsäure-Anhydrit eingeschoben wird.

Der Vorgang des Auspumpens, der sich in der Beschreibung etwas verzwickt ausnimmt, bietet bei der Ausführung keinerlei Schwierigkeiten, ist vielmehr, wie das langjährige Erfahrung mit Pumpen der verschiedensten Systeme gelehrt hat, der bei weitem einfachste von allen. An weiteren Vorteilen bietet die Pumpe noch folgende. Sie ist einmal klein und handlich und äusserst wenig zerbrechlich; sie ist leicht und gefahrlos zu reinigen, sie erlaubt ein bei weitem schnelleres Arbeiten als jede Pumpe irgend welcher andern Construktion und ist zudem bei einem Preise von nur 110 Mark auf dem Gestell, und einschliesslich des Geisslerschen Rohres, des Manometers sowie der anderen Hülfsapparate, erheblich billiger als jede sonstige Pumpe, wozu sich noch, da zum Arbeiten nur 7 kg Quecksilber genügen, eine erhebliche Ersparnis an diesem wertvollen Metall gesellt. Alle diese Vorteile machen sie für den Gebrauch in Schulen besonders wertvoll.

Da die Pumpe continuierlich arbeitet, so bietet das, als Vacuumprüfer angebrachte Geisslersche Rohr Gelegenheit, in besonders hübschem Vorlesungsversuche zu zeigen, in welcher Weise die Form der electrischen Entladung bei fortschreitender Verdünnung, bis zur gelben Fluorescenz des Glases und endlichem Verschwinden auch dieser, stetig sich ändert.

Mit der Herstellung der Pumpe ist von mir Herr Carl Kramer in Freiburg i. B. beauftragt worden. Da es auf ein sehr genaues Innehalten der, als die günstigsten erprobten Grössenverhältnisse ankommt, so wird ein jedes Exemplar in meinem Laboratorium auf die oben angeführte Minimalleistung geprüft.[1])

---

[1]) Selbstthätige Pumpen der gleichen Art sind von mir, für chemische Zwecke in den *Ber. der deutsch. chem. Gesellsch. Bd. 27, 1894, S. 1386*, für physikalischen Gebrauch in *Wiedemanns Annal. Bd. 53, 1894, S. 199* beschrieben worden.

Versuche aus der Hydromechanik.

Von
Hans Hartl in Reichenberg (Deutschböhmen).

Im Nachfolgenden erlaube ich mir, einige nicht unzweckmässige Abänderungen bekannter Versuche aus dem Gebiete der Hydromechanik anzugeben.

Um den „Aufdruck“ zu zeigen, legt man auf den Boden eines cylindrischen Glasgefässes G (Fig. 1) eine ebene Glasplatte P, an deren untere Seite man allenfalls 3 Korkstückchen ankittet, um deutlich zu zeigen, dass sich unter der Platte stets Flüssigkeit befindet. Sodann nimmt man eine in einen Glastrichter T auslaufende Glasröhre R. Der Rand des Trichters ist abgeschliffen und sitzt ziemlich dicht, jedoch nicht vollkommen wasserdicht auf der Platte P auf. Der Trichter wird nun auf die Glasplatte aufgesetzt und sodann Luft durch die Glasröhre eingeblasen. Dadurch wird das Wasser aus dem Innern der Röhre und des Trichters hinausgetrieben, und es tritt auch Luft zwischen T und P aus. Sobald dies geschieht, hört man zu blasen auf. Sofort werden Trichter und Platte durch den einseitigen Wasserdruck gehoben und fest an einander gehalten. Die Hebung erfolgt so weit, bis das Gewicht der verdrängten Wassermasse gleich ist dem Gewichte des ganzen Körpers RTP. Tritt nun durch die Fugen zwischen T und P Wasser in T ein, so vermehrt sich das letztgenannte Gewicht, und der Körper sinkt, während die Platte P noch immer an T angepresst wird. Erst wenn die Flüssigkeit in der Röhre R nahezu die Höhe des äusseren Niveaus erreicht hat, fällt die Platte ab, ein Zeichen, dass der Aufdruck ebenso gross ist, wie der derselben Fläche und derselben Druckhöhe entsprechende Bodendruck. Will man zeigen, dass der eben angegebene Verlauf des Versuches an die Gleichheit des Luftdruckes auf das äussere und innere Niveau gebunden ist, so kann man während des Ansteigens des Wassers in T die obere Mündung von R mit dem Daumen zuhalten; die Platte P fällt ab, da die mit dem Eindringen des Wassers verbundene Zunahme des inneren Luftdruckes die Differenz des äusseren und inneren Wasserdruckes ausgleicht. Ebenso kann man zeigen, dass, wenn man die Luft im Innern von R durch Saugen verdünnt, die Platte P erst dann abfällt, wenn die Flüssigkeit in R um eine der Luftdruckdifferenz entsprechende Höhe über dem äusseren Niveau steht. Man zeigt dies am besten, indem man sofort nach dem Ausblasen der Luft den Trichter mit der Glasplatte so weit hebt, dass das innere Niveau etwa 1 cm unter dem äusseren steht, und dann durch Saugen das innere Niveau hebt. — Während des nach dem Ausblasen der Luft eintretenden Aufsteigens des Körpers wird man der Röhre R entweder durch eine aus Draht gebogene an dem Rande des Gefässes G angeklemmte Vorrichtung d (Fig. 1) oder zwischen den zusammen gebogenen Fingern der rechten Hand eine Führung geben. Selbstverständlich kann man auch einen gewöhnlichen Glastrichter mit einer Glasröhre durch ein Stückchen starken Kautschukschlauch, oder auch einen Trichter blos mit einem längeren Kautschukschlauch verbinden und damit den Versuch durchführen.

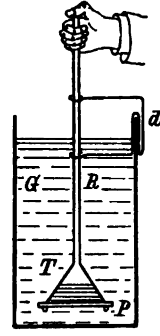


Fig. 1.

Der eben angeführte Versuch leidet, ebenso wie der bekannte Versuch mit dem Cylinder *(Frick, Fig. 165)*, dem er nachgebildet ist, an einem kleinen theoretischen Fehler. Wenn nämlich r den inneren Halbmesser der Trichteröffnung, R den Halbmesser, d die Dicke und s die Dichte der Platte P bedeutet, so fällt diese bereits ab, wenn das Niveau in R noch um den Betrag δ niedriger ist als das äussere Niveau, wobei $\delta = d\,R^2/r^2\,(s-1)$ ist. Dieser Fehler würde erst verschwinden, wenn $s=1$ wäre; dann würde aber die Platte nicht abfallen, sondern schweben bleiben. Man kann durch die folgende Anordnung diesen Fehler auf ein Minimum bringen und zugleich den Versuch so durchführen, dass das eingetretene Gleichgewicht zwischen innerem und äusserem Druck beliebig lange erhalten bleibt. Hierzu dient eine Glasröhre R (Fig. 2), welche an dem einen Ende in eine glockenförmige Erweiterung G mündet. Der Rand derselben ist genau eben geschliffen und über denselben eine Membrane M gespannt, durch welche G dicht abgeschlossen ist. Mittelst eines Spritz-

fläschchens wird das Gefäss G mit gefärbtem Wasser, etwa bis zur Marke m gefüllt. Die Membrane wird dabei durch den hydrostatischen Druck ausgebaucht. Nun setzt man das Gefäss mit der Membrane auf eine eben geschliffene Glasplatte und drückt G fest an, so dass sich die Membrane vollkommen eben richten muss. Die gefärbte Flüssigkeit steigt in der Röhre R bis n, welchen Punkt man durch einen (von einem Schlauche abgeschnittenen) Gummiring markiert. Jedesmal, wenn das gefärbte Wasser diese Marke n erreicht, ist die Membrane M eben gespannt. Nun hebt man RG wieder ab (das Wasser sinkt bis m) und taucht es in das Wasser des Gefässes A. Die Membrane wird durch den Auftrieb von aussen gedrückt und das gefärbte Wasser steigt daher gegen die Marke n, welche dann erreicht wird, wenn die Membrane eben gespannt, d. h. wenn der Auftrieb dem inneren hydrostatischen Drucke gleich wird. Dies geschieht genau dann, wenn das äussere und das innere Niveau zusammenfallen. Taucht man noch tiefer ein, so sinkt das innere Niveau unter das äussere, übersteigt jedoch die Marke n, ein Zeichen, dass die Membrane nach innen eingebogen wird, da dem Auftriebe jetzt einer grösseren Druckhöhe entspricht als der innere Bodendruck. Dieser Versuch gestattet also nicht nur das eingetretene Gleichgewicht, sondern auch das jeweilige Verhältnis zwischen dem äusseren und inneren Drucke gegen die Membrane durch die Stellung des inneren Niveaus gegen die Marke n anzugeben. Ist dieses Niveau über, unter oder in der Höhe von n, so ist die Membrane eingebogen, ausgebogen oder eben, d. h. der äussere Druck (Auftrieb) ist grösser, kleiner oder gleich dem inneren (Boden-) Druck.

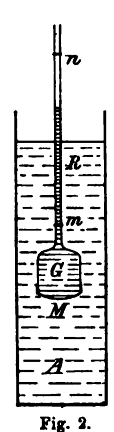


Fig. 2.

Mittels der beschriebenen Vorrichtung und einer Tafelwage kann auch die Formel $P = f \cdot h \cdot s$ für den hydrostatischen Druck bestätigt werden. Man legt auf die eine Wageschale die ebene Glasplatte, mittels welcher man vorher die Marke n bestimmt hat und tariert dieselbe aus. Nun legt man zu der Tara noch so viele Gewichte, als der Ausdruck $P = f \cdot h \cdot s$ angiebt, in welchem f die Fläche der eben gespannten Membrane und h die Höhe der Marke n über derselben bedeutet. Auf die ebene Glasplatte setzt man nun die Membrane auf und drückt das Gefäss G nach abwärts, bis die Wage Gleichgewicht zeigt. Dann wird auch das gefärbte Wasser bei n stehen. Dies deutet an, dass die Membrane eben gespannt ist, d. h. dass der gegen sie ausgeübte Bodendruck durch den auf die Glastafel übertragenen Druck der Gewichte P ausgeglichen, dass also der Boden druck wirklich $= P = f \cdot h \cdot s$ sei. — In Verfolgung des vorstehenden Versuches kam mir der Gedanke, den Pellat'schen Bodendruck-Apparat, bei welchem der Boden durch eine Membrane abgeschlossen ist, mit einer ungleicharmigen Wage zu verbinden, deren längerer Arm geteilt ist und ein Läufergewicht trägt, während der kürzere Arm durch eine Metallplatte gebildet wird, die durch das Läufergewicht gegen die Membrane gedrückt wird. Erst nachträglich fand ich bei Durchsicht der *Zeitschr. zur Fördg. d. phys. U. 1884*, dass bereits Prof. Dr. G. Krebs dasselbe Prinzip zur Construction eines Bodendruckapparates benutzt hat.

Zum Schlusse erlaube ich mir noch einen einfachen Versuch zum Nachweise des Reactionsdruckes strömender Flüssigkeiten anzugeben. Ein durch ein Stativ gehaltener grosser Glastrichter T (Fig. 3) wird durch einen recht schmiegsamen Schlauch s mit einer dünnwandigen Glasröhre R verbunden, deren unteres Ende rechtwinklig umgebogen ist. Man füllt die Vorrichtung zuerst mit Wasser, verschliesst aber die Mündung der Röhre R durch einen kleinen Korkpfropfen p. Die Röhre R wird dann nahezu vertikal herabhängen. Sobald man aber den Pfropfen entfernt, strömt die Flüssigkeit aus, und der Reactionsdruck derselben treibt die Röhre in eine stark schräge Stellung, welche constant bleibt, so lange man durch Zufüllen von Wasser in den Trichter das Niveau des Wassers in gleicher Höhe erhält.

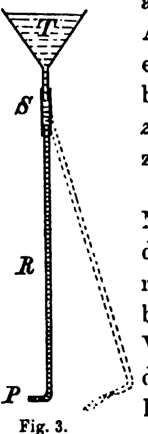


Fig. 3.

Kleine Mitteilungen.

Versuche zum Nachweis des Satzes, dass die Bewegungsgrösse denselben Wert hat wie der Kraftantrieb.

Von **F. Niemöller** in Osnabrück.

Obgleich obiger Satz in einigen weit verbreiteten Lehrbüchern der Physik, z. B. den von Koppe und Jochmann, nicht ausdrücklich angeführt ist,[1]) so dürfte es doch zweifellos sein, dass er in das Unterrichtspensum höherer Lehranstalten gehört, weil er für die Lehre vom Stoss fester Körper und für die Herleitung der Grundgleichung der kinetischen Gastheorie unentbehrlich ist. Der folgende Versuch, welcher zur Bestätigung des Gesetzes dienen soll, wird deshalb auch im Gymnasialunterricht seine Stelle finden können.

Auf die rechte Wagschale einer gewöhnlichen Tafelwage stellt man einen hohen Glascylinder (Einmachegefäss), bedeckt ihn mit einer starken Papptafel und stellt auf die Tafel ein kleines Kochgestell mit Glastrichter, über dessen Rohr ein kurzes Stück Kautschukschlauch geschoben ist. Der Schlauch muss durch eine in der Papptafel befindliche Öffnung in den Glascylinder hineinragen. Ausserdem stellt man noch auf die Schale ein Gefäss mit etwa 1 kg Quecksilber und äquilibriert die Wage durch Belastung der linken Wagschale. Mit der rechten Hand drückt man darauf den Schlauch zusammen, giesst das Quecksilber aus dem Gefäss in den Trichter und setzt das Gefäss wieder auf die Schale. Mit der linken Hand hält man die gegenüberstehenden beiden Zungen der Wage fest.

Erster Versuch. Zieht man gleichzeitig beide Hände zurück, so dass das Quecksilber ausfliessen und die Wage frei schwingen kann, so sinkt zuerst die linke Schale, weil der Teil des Quecksilbers, welcher während des Fallens sich in der Luft befindet, keinen Druck auf die rechte Schale ausübt.

Zweiter Versuch. Lässt man zuerst den Schlauch los und giebt man die Zungen erst dann frei, wenn die ersten ausfliessenden Quecksilberteilchen auf den Boden des Cylinders aufschlagen, so bleibt die Wage in Ruhe.

Dritter Versuch. Verfährt man wie beim zweiten Versuch, so beobachtet man am Schluss ein durch die letzten fallenden Quecksilberteilchen bewirktes Sinken der rechten Wagschale.

Erklärung des zweiten Versuchs. Tritt ein Quecksilberteilchen vom Gewicht p aus dem Trichter in die Luft, so erleidet die linke Wagschale während der Fallzeit t dieses Teilchens den Kraftantrieb pt, während auf die rechte Wagschale die in diesem Teilchen durch die Schwerkraft erzeugte Bewegungsgrösse mv übertragen wird. Da die Wage im Gleichgewicht bleibt, so muss die Gleichung $pt = mv$ bestehen.

Zur Absorption des Natriumlichts durch Natriumdampf.

Von **Friedrich C. G. Müller** in Brandenburg a. H.

Der von Schellbach in dieser Zeitschr. *II 82* angegebene Versuch kann dadurch noch ergänzt werden, dass man in die breite Bunsenflamme, welche Natriumlicht durch die mit Natriumdampf erfüllte Kugel sendet, gleichzeitig auch Lithium oder Thallium bringt. Die vorher durch das Gelb verdeckte Farbe eines dieser Metalle tritt dann rein hervor, sobald man die Absorptionskugel erwärmt.

Hinsichtlich der Herstellung der Absorptionskugel sei bemerkt, dass der an der angeführten Stelle vorgeschlagene Gummiverschluss nur vorübergehend dicht hält. Soll die Vorkehrung haltbar sein, so muss die Röhre zugeschmolzen werden. Um aber zu verhindern, dass die Kugel beim Erhitzen durch die Dehnung des eingeschlossenen Gases

---

[1]) Der Satz findet sich u. a. im *Grundriss der Physik von Mach* und dem neuerdings erschienenen *Lehrbuch der Physik von E. Hoppe.*

gesprengt wird, bläst man im Abstande von 5 cm drei 3 cm dicke Kugeln auf eine Röhre von 6 mm Weite. Man leitet längere Zeit trockenes Wasserstoffgas hindurch, bringt drei erbsengrosse Stückchen frisch umgeschmolzenes und auf eine Eisenplatte ausgegossenes Natrium hinein und zieht, während der Gasstrom fortläuft, das freie Rohrende vor der Glasbläserlampe aus und schmilzt es zu. Das andere Ende wird dann ebenfalls zugeschmolzen, aber ohne vom Zuführungsschlauch getrennt zu sein. Letzterer ist hinreichend lang, damit man das Rohr vor der Lampe frei bewegen kann. Nachher verteilt man durch Hin- und Herneigen die drei Natriumstückchen in die Kugeln und schmilzt sie durch schwaches Erwärmen an die Glaswand. Das so vorgerichtete Kugelrohr kann jahrelang immer wieder benutzt werden. Bei dem Versuche wird selbstverständlich jedesmal nur eine Kugel erhitzt, die anderen gestatten dem Gase genügende Expansion.

Für die Praxis.

Elasticität eines Brettes. Von K. Fuchs in Pancsova. Ein gewöhnliches Brett von etwa 1 m Länge wird an beiden Enden unterstützt. An jedem Ende befindet sich eine Säule von etwa 8 dm Höhe; man kann einfach zwei eiserne Stative auf die Enden des Brettes stellen. Die eine Säule trägt oben ein horizontales Brettchen. Auf dieses Brettchen legt man einen dünnen Cylinder, etwa ein Glasröhrchen, das mit einem Ende über das Brettchen vorragt und einen langen äquilibrierten Zeiger trägt. Ein meterlanger Stab liegt mit einem Ende auf dieser Welle, mit dem anderen Ende auf der zweiten Säule. Wenn man nun auf das grosse Brett ein ganz unbedeutendes Gewicht, etwa ein Zehngrammstück legt, so wird es concav, die Säulen neigen sich gegen einander, der Stab rollt die Welle und der Zeiger macht einen Ausschlag. Ich habe diese Vorrichtung oft mit Vorteil direkt als Wage benutzt in Fällen, wo man den drückenden Körper nicht gern auf eine schwankende Wage legt. Dass die Deformation des Brettes dem Drucke proportional ist, zeigt der Apparat sehr gut.

Drähte gerade zu richten. Von Friedrich C. G. Müller. Ein vollkommen gerades Drahtstück ist im Unterricht oftmals erwünscht, z. B. bei Improvisierung einer Drehwaage. Zur Erreichung dieses Ziels spannt man weichen, gut ausgeglühten Eisen- oder Messingdraht ein und zieht ihn mittels Zange oder Feilkluppe bis nahe zur Bruchgrenze, also etwa um ein Fünftel länger. Hierdurch ist der Draht nicht blos absolut gerade, sondern auch sehr steif und elastisch geworden. Für Drähte über 0,8 mm muss man einen Hebel benutzen. Um feinen Draht auszuglühen, wickelt man ihn dicht um ein centimeterdickes Eisenstäbchen und erhitzt dieses in einer böhmischen Röhre unter Durchleitung von Leuchtgas zur schwachen Rotglut.

Über eine einfache Vorrichtung für Torsionsschwingungen. Von Friedrich C. G. Müller. Man kittet die Enden eines nach vorstehender Mitteilung gerade gerichteten Drahts mit Siegellack in kurze Stückchen dickwandiges Capillarrohr (Thermometerrohr). Das eine Stäbchen steckt man mitten durch einen langen Weinkork, den man in einer Klemme oder sonstwie befestigt. Das untere wird mit hinreichender Reibung in die Bohrung eines kleinen Korks gesteckt, der mit dem schwingenden Systeme verkittet oder anderweitig fest verbunden ist. Nach Belieben kann man mittels Korkscheiben auch Torsionskreise herrichten.

Verbindung von Zinn mit Chlor. Von Friedrich C. G. Müller. In einen grösseren Stöpselcylinder voll Chlorgas lässt man ein zusammengerolltes Stanniolblatt fallen. Nach einigen Secunden wird es, wie bekannt, schmelzen und ohne sonderlichen Effect auf den Boden fliessen. Hält man aber den Cylinder mit beiden Händen horizontal und schwingt ihn, sobald das Metall zergeht, parallel zu sich selbst schnell um, so erfolgt die vollständige chemische Vereinigung der zahlreichen an der Cylinderwand umrollenden Zinnkügelchen mit dem Chlor unter glänzender Glüherscheinung.

Berichte.

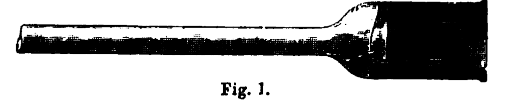
1. Apparate und Versuche.

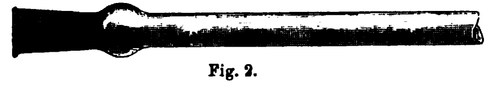
Neue Laboratoriumsapparate. Von André Bidet, *Comptes rendus CXVIII 478, 1894.* Von den in der vorliegenden Abhandlung beschriebenen einfachen Apparaten sind vielleicht zwei von allgemeinerer Wichtigkeit: eine Vorrichtung zur Erzielung eines gleichbleibenden Flüssigkeitsspiegels, namentlich für constante Wasserbäder brauchbar, und ein besonders wirksamer Kühler.

Der Verfasser hängt in ein gewöhnliches Wasserbad einen aus Glasröhren angefertigten Apparat, wie ihn nebenstehende Figur zeigt, mit dem Schenkel *C* hinein, füllt dann das Wasserbad ungefähr bis zum Niveau von *S*, dann den Apparat selber von *A* aus mit Wasser und erhält dann, wenn von *A* aus langsam Wasser einströmt, ein constantes Niveau in der Höhe von *S*. Wenn das Wasser im Gefäss sich langsam erniedrigt, fliesst der grössere Teil des durch *A* zuströmenden Wassers jetzt infolge der Heberwirkung des längeren Schenkels *C* durch das Loch *O* in das Gefäss, während beim Steigen der Wasseroberfläche der jetzt längere Schenkel *S* neben dem zuströmenden Wasser auch das über dem Niveau *S* befindliche Wasser absaugen würde.

Bei dem ebenda beschriebenen Kühler befindet sich nicht, wie gewöhnlich, der zu kühlende Dampf innerhalb des Kühlwassers, sondern das Kühlwassar ist vom Dampf umgeben, so dass der letztere innen vom Kühlwasser, aussen von der umgebenden Luft gekühlt wird. Ein diesem ganz ähnlicher Kühlapparat wird im übrigen schon seit einiger Zeit von der Glas-Instrumenten-Fabrik C. Grenier in Stutzerbach angefertigt; derselbe hat vor dem oben beschriebenen noch den Vorzug, dass auch die Aussen-Kühlung vom Wasser besorgt wird, so dass er bei verhältnismässiger Kürze (etwa 40 cm) sich vorzüglich zur Condensation von Äther und ähnlichen niedrig siedenden Flüssigkeiten eignet. *Rr.*

Schliffe und Hähne. Von Georg W. A. Kahlbaum. *Zeitschrift für Instrumentenkunde XIV 21, 1894.* Die gewöhnlichen Schliffe und Hähne bilden keinen absolut luftdichten Verschluss, namentlich wenn man sie aus besonderen Gründen nicht einfetten darf. Diesem Übelstande kann man abhelfen, wenn man die Stellen, von denen aus die Luft zwischen den beiden Schliffflächen in den Apparat dringen kann, unter Quecksilber setzt; dies ist in den von W. A. Kahlbaum beschriebenen Normal-Schliffen und Hähnen auf ebenso einfache, wie praktische Weise erreicht. Die Anordnung derselben ist aus den beistehenden Figuren ersichtlich. Fig. 1 zeigt den unteren, Fig. 2 den oberen Teil eines


Fig. 1.


Fig. 2.

solchen einfachen Normalschliffes. Beim unteren Teil ist die Aussenfläche conisch angeschliffen, während die innere Fläche des Oberteiles auf diesen conischen Schliff aufgepasst ist. Um den conischen Schliff (Stempel) des Unterteiles ist ein Becher geblasen, in welchen Quecksilber gefüllt wird; dieses bedeckt nach dem Aufsetzen des Oberteiles den unteren Rand des letzteren und bildet so einen absolut sicheren Luftabschluss. Bei den Hähnen ist der Becher zur Aufnahme des Quecksilbers um das Hahnküken geblasen (Fig. 3), das Hahnküken selbst ist hohl und mit einer seitlichen Bohrung, die in der Figur nach oben gerichtet ist, versehen; das Hahnküken ist in die conische Verlängerung eines Rohres eingeschliffen (Fig. 4). Diese

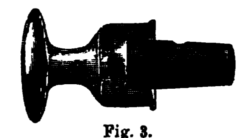

Fig. 3.

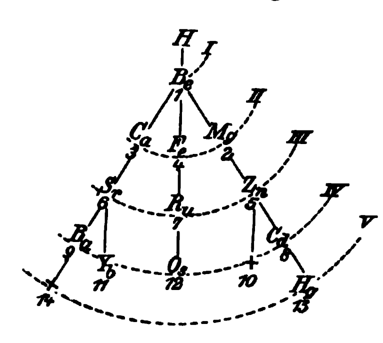
Fig. 4.

Verlängerung trägt, entsprechend der Bohrung des Hahnkükens, eine ebensolche mit Rohransatz. Beim Gebrauche ist die conische Verlängerung nach unten gerichtet, das Hahnküken wird von unten eingesetzt und der Becher mit Quecksilber gefüllt. Dreiweghähne können leicht nach demselben Muster, nur mit zwei seitlichen Rohransätzen angefertigt werden. Diese Schliffe und Hähne sind von C. Kramer in Freiburg i. Breisgau oder von E. Leyboldts Nachfolger in Köln a. Rh. zu beziehen. *Br.*

---

2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Das genetische System der chemischen Elemente. Von W. Preyer. (*Friedländer & Sohn, Berlin, 1893.*) Auf Grund der bereits von verschiedenen Forschern aufgestellten Hypothese der Abstammung der irdischen Elemente mit höherem Atomgewicht von solchen mit niederem construiert der Verfasser einen Stammbaum der Elemente. Er nimmt an, dass aus einer Urmaterie unter gewissen Bedingungen des Druckes und der Temperatur durch einen Vorgang der Verdichtung zuerst der Wasserstoff entstanden ist. Durch weitere Verdichtung sollen sich dann, sei es aus Wasserstoff oder der Urmaterie allein oder aus beiden, sieben Stammelemente gebildet haben. Von jedem derselben als einem der sieben Hauptäste des Stammbaumes wird nun eine Anzahl von Elementen abgeleitet, die in ein einheitliches Schema nach je 14 Verdichtungsstufen in je 5 Generationen so geordnet werden, dass die direkt von einander abstammenden Elemente auf drei vom Stammelement ausgehenden Ästen zweiter Ordnung, von denen die seitlichen je einen Ast dritter Ordnung bilden, stehen. Für das zweite Stammelement, das *Be*, möge die beistehende Figur das Schema erläutern. Die unter den Elementen stehenden Zahlen stellen die Verdichtungsstufen, und die Kreuze die noch fehlenden Elemente dar, während die mit den römischen Ziffern bezeichneten Kreise die Glieder je einer Generation umfassen. Ordnet man die Elemente nach den Verdichtungsstufen der sieben Hauptäste, so stimmt diese Reihe mit derjenigen der Atomgewichte überein. Es finden sich in diesem Stammbaum nicht allein die von Mendelejeff in sein natürliches System aufgenommenen Familien wieder, sondern sie werden auch genetisch mit einander verknüpft. Auch sind diejenigen Elemente, deren Stellung im periodischen System bisher zweifelhaft war, in befriedigender Weise untergebracht.



Dass nun jener Stammbaum der Wahrheit sehr nahe kommen muss, sucht Preyer dadurch zu begründen, dass in demselben eine Reihe von einander unabhängiger Eigenschaften der Elemente (Atomgewicht, Volumgewicht, Atomvolumen, specifische Wärme, Atomwärme, Volumwärme, elektrische Spannung, Magnetismus, Wertigkeit) gesetzmässig verbunden wird. Hierbei ergeben sich einige interessante Resultate, von denen nur folgende hervorgehoben werden mögen. Wenn man innerhalb eines Stammes die Differenzen der Atomgewichte genetisch direkt zusammenhängender Elemente bildet und diese Zahlen durch die Differenzen der zugehörigen Stufenzahlen dividiert, so erhält man den nahezu constanten Quotienten 16. So ist die Differenz der Atomgewichte des *Ba* und *Ca* 97, die Differenz der Stufenzahlen 6, und $97 : 6 = 16$. Addiert man die Atomgewichte derjenigen Elemente der sieben Hauptäste, welche auf gleichen Verdichtungsstufen stehen, so ist der siebente Teil dieser Summe nahezu gleich dem Atomgewicht des Elementes des mittleren Hauptastes; z. B.

$$\left[\overset{Na}{23{,}05} + \overset{Mg}{24{,}32} + \overset{Al}{27{,}06} + \overset{Si}{28{,}33} + \overset{P}{31{,}02} + \overset{S}{32{,}06} + \overset{Cl}{35{,}45}\right] : 7 = 28{,}75.$$

Ferner ist zu bemerken, dass die auf gleiche Volume der Elemente im festen Zustand bezogenen specifischen Wärmen für die einer der drei Stammlinien angehörigen Elemente

regelmässig abnehmen, dass mithin eine Temperaturerhöhung um so leichter erfolgt, je dichter das Element ist. Besonders aber ist die Verwandtschaft der Elemente aus den Beziehungen zu erkennen, in denen der elektrochemische Charakter der Elemente zu ihren sonstigen Constanten steht. Insofern also Preyer in seinem genetischen System auch die Regelmässigkeiten zum Ausdruck bringt, die unter den Eigenschaften der Elemente obwalten, bedeutet seine Arbeit einen Fortschritt gegenüber den früheren Arbeiten anderer Forscher. Freilich lässt es sich nicht in Abrede stellen, dass er vielfach die experimentellen Daten corrigiert, damit sie jenen Regelmässigkeiten genügen.

Am Schluss sind die Constanten der Elemente übersichtlich zusammengestellt, auch diejenigen der noch unbekannten Elemente, wie sie sich nach den Gesetzen erschliessen lassen, sind angegeben. *R. Lüpke.*

Die Wirkung der elektromagnetischen Strahlung auf Häute, welche Metallpulver enthalten. Von Minchin. (*Phil. Mag.* (5) *XXXVII 90, 1894.*) Mit Kupferspähnen gefüllte Glasröhren ändern infolge von Erschütterungen ihre Leitungsfähigkeit, so dass sie als Mikrophone dienen können. Befindet sich ein mit Metallpulver gefülltes Glasrohr in nichtleitendem Zustande, so wird es sofort leitend, wenn in seiner Nähe ein elektrischer Funke überspringt. In einer früheren Arbeit (*Phil. Mag.* (5) *XXXI 203, 1891*) hat Minchin eine Art lichtempfindlicher Zellen angegeben. Dieselben bestehen aus einem durch Behandeln mit Salpetersäure und nachfolgendes Erhitzen mit einer weissen Oxydschicht bedeckten Stanniolstreifen, welcher zugleich mit einem blanken Stanniolstreifen in Methylalkohol eingetaucht wird. Durch Belichtung wird die oxydierte Platte positiv gegen die nichtoxydierte. Wenn eine solche Zelle mehrere Tage ruhig gestanden hat, so wird sie gegen Licht vollkommen unempfindlich. In diesem Zustande ist sie jedoch äusserst empfindlich gegen Erschütterungen, gegen einen in der Nachbarschaft überspringenden Funken und namentlich gegen Hertzsche Wellen. Sie wird hierdurch mit Leichtigkeit wieder lichtempfindlich gemacht. Nur durch Erschütterungen lässt sie sich dann wieder in den unempfindlichen Zustand zurückversetzen. Minchin glaubt, dass die von einem Funkenstromkreis ausgehenden Strahlungen in den Drähten, welche die Elektroden der Zelle mit dem Galvanometer verbinden, elektrische Störungen hervorrufen, durch welche die Moleküle an der empfindlichen Oberfläche anders angeordnet werden. Die Umwandlung in den unempfindlichen Zustand werde dagegen nur durch Schwingungen von längerer Dauer verursacht. In seiner neuen Arbeit hat Minchin gezeigt, dass auch aus Metallpulvern gebildete dünne Schichten ihre Leitungsfähigkeit unter dem Einfluss elektrischer Oscillationen ändern. Die Schichten werden dadurch hergestellt, dass eine Glas- oder Ebonitplatte mit einer sehr dünnen Gelatinehaut bedeckt wird; sodann wird die Schicht durch die Einwirkung von Wasserdampf erweicht und mit feinem in Alkohol suspendierten Metallstaub übergossen. Das Metallpulver bleibt dann an der Oberfläche der Gelatinehaut hängen. Statt dessen kann man auch in Collodium suspendierten Metallstaub schnell über die Glasfläche schütten. Nach dem Trocknen muss die Haut von der Glasplatte abgezogen werden, da die Metallschicht sich an der Glasseite der Haut befindet. Legt man an irgend zwei Stellen einer solchen Haut Contakte an, welche zu einem aus einer Batterie und einem Galvanometer gebildeten Stromkreise führen, so kann man diese Contakte bis auf $1/2$ mm einander nähern, ohne dass ein Strom übergeht. Auch ein in der Nähe überspringender Funke bringt keine Änderung der Leitungsfähigkeit der Haut hervor. Sobald man jedoch den einen der Zuleitungsdrähte mit einem elektrischen Körper berührt, wird der Widerstand der Haut und der Contakte überwunden. Verschiebt man unter beständiger Berührung eines Leitungsdrahtes mit dem elektrischen Körper einen der beiden Contakte, so kann man allmählich eine grosse Strecke der Haut leitend machen. Unterbricht man sodann den Contakt an der Haut selbst, so wird dieselbe sofort nichtleitend, während eine Unterbrechung an einer anderen Stelle des Stromkreises keinerlei Wirkung ausübt. Ist jedoch die Haut einige Tage alt, so dass sie härter und ihre Teilchen daher weniger verschiebbar ge-

worden sind, so darf auch der der Haut selbst anliegende Contakt eine nicht zu lange Zeit hindurch geöffnet werden, ohne dass die Leitungsfähigkeit der Haut sich ändert. Erschütterungen wirken auf diese Häute nicht, ebenso wenig die Wärme; wohl aber wird die Leitungsfähigkeit der Haut durch Anhauchen oder Aufblasen eines Dampfstromes zerstört und durch elektromagnetische Strahlung stets wieder hergestellt, während die schnellen Lichtschwingungen keine Wirkung ausüben. *H. R.*

Der Umfang des menschlichen Gehörs. (*Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane. Bd. VII, Heft 1. 1894.*) Dr. H. Zwaardemacher und Dr. Cuperus haben bei 390 Personen verschiedenen Lebensalters mit völlig normalem Gehörorgane den Umfang des Gehörs festgestellt. Zur Bestimmung der oberen Tongrenze diente das Galtonpfeifchen (eine gedeckte Orgelpfeife, deren Länge durch eine Mikrometerschraube verkürzt werden kann); die Bestimmung der unteren Tongrenze geschah mittels der Appunnschen Lamelle (420 mm lang, 12 mm breit, 1 mm dick). Danach umfasst unser Gehör in der Jugend elf, im Greisenalter zehn Oktaven, und zwar beträgt der Verlust an der oberen Grenze zwei Drittel, an der unteren ein Drittel einer Oktave. Im Alter von sieben Jahren liegt die obere Tongrenze bei e^7, sie sinkt bis zum Eintritt der Pubertät um einen Viertelton, bleibt dann auf derselben Höhe bis zur Beendigung des Knochenwachstums und fällt dann dauernd. Im 32. Jahre ist sie dis^7, im 40. d^7, im 43. cis^7, im 51. c^7, im 54. b^6, im 75. a^6. Abweichungen, und zwar nach unten, fanden sich nur bei etwa 1 % der Personen. Die nntere Grenze liegt im 13. Jahre bei E_3, im 21. bei F_3, im 65.—70. bei Gis_3. Der Verlust an der oberen Grenze beruht auf einer Veränderung der Knochenleitung, der an der unteren in Änderungen im Trommelfell oder in der Kette der Gehörknöchelchen. In der Jugend liegt die Mitte der „Gehörlinie" bei ais^1, im Anfange des Greisenalters bei a^1. *R. H.*

---

3. Geschichte.

Theophrastus Paracelsus.[1]) Dank zahlreichen neueren Veröffentlichungen ist die „Paracelsusforschung" zu einem umfangreichen Sondergebiete der Geschichte der Chemie geworden. Als sicheres Ergebnis derselben darf angesehen werden, dass Theophrast, welcher die Alchemie gestürzt und die medizinische Chemie an ihre Stelle gesetzt hat, nicht nur ein Reformator zweier Wissenschaften, sondern überdies von grundlegender Bedeutung für die Entwicklung der gesamten Naturforschung gewesen ist, indem sein ganzes Wirken als ein überaus kühner Kampf gegen Galen und die Araber, sowie gegen die durch den Autoritätsglauben hervorgebrachte Fesselung der Wissenschaft aufgefasst werden muss.

Über den merkwürdigen Mann, der von jeher das allgemeinste Interesse in Anspruch genommen, und zwar ebenso sehr durch die Excentricität seines Wesens wie durch sein wissenschaftliches Wirken, hat kürzlich der Chemiker der Baseler Universität obigen Vortrag veröffentlicht. In demselben wird ein Bild der Bedeutung und des seltsamen Lebens des grössten Schweizers — so etwa wird Paracelsus bezeichnet — entworfen. Es stellt sich heraus, dass dieser auch als Mensch viel eher die glühende Bewunderung seiner Schüler als die unglaublich niedrigen Angriffe seiner Feinde, der zünftigen Ärzte und Universitätslehrer, verdient habe. Die letzteren habe er nicht angegriffen, weil er ein Pfuscher gewesen und sich auf ihre Kosten habe erhöhen wollen, sondern weil er die Nichtigkeit eines Studiums der Natur einzig und allein auf Grund überlieferter Lehren klar erkannte. Er sei ferner nicht aus Lust an einem abenteuerlichen Leben durch ganz Europa zeitlebens unstet gewandert, sondern um von Gelehrten und Ungelehrten zu lernen, um die Krankheiten und die Wirksamkeit seiner chemischen Präparate allüberall zu beob-

---

[1]) Ein Vortrag, gehalten zu Ehren Theophrasts von Hohenheim am 17. Dezember 1893 im Bernoullianum zu Basel von Georg W. A. Kahlbaum. Basel bei Benno Schwabe 1894. 70 S. M. 1,50.

achten, sowie weil der Hass der Verteidiger des Althergebrachten ihn nach einer kurzen Ruhezeit als Lehrer der Baseler Hochschule geradezu von Ort zu Ort gehetzt habe. Auch der ihm so oft gemachte Vorwurf, er sei meistens trunken gewesen, wird aufs schlagendste widerlegt, und zwar durch den Nachweis seines staunenswerten Fleisses als Arzt, Forscher und Schriftsteller.

Der interessante Vortrag, der das reiche Material, welches insbesondere von Karl Sudhoff neuerdings veröffentlicht worden ist, in gewissenhafter Weise verwertet, kann jedem zur Lektüre empfohlen werden, der sich für das Wirken eines Mannes interessiert, in dessen Lebenskampf „das Ringen der beiden Zeitepochen“ und demzufolge der Übergang von der Scholastik zur freien Forschung sich in tragischer Weise wiederspiegelt. *J Schiff.*

---

4. Unterricht und Methode.

Hat die Physik Axiome? Erkenntnistheoretische Studien über die Grundlagen der Physik von P. Volkmann. Vortrag gehalten in der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg in Preussen am 5. April 1894 (S. A. Verh. der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft 1894.) Die auch für den Unterricht bedeutsame Frage wird vom Verfasser im Zusammenhange mit früheren Veröffentlichungen (vgl. d. Zeitschr. *VII 301, VIII 44*) von dem Gesichtspunkte aus behandelt, dass die häufig als Axiome bezeichneten, für das physikalische System notwendigen Voraussetzungen sich als Schlusssteine einer Reihe von Erkenntnissen induktiv ergeben haben und daher mit den mathematischen Axiomen nicht auf eine Stufe zu stellen sind. Bei der Untersuchung der erkenntnistheoretischen Elemente der Physik überhaupt zeigt sich, dass ihr Inhalt keineswegs so unmittelbar naheliegend ist, wie bei den elementaren Abstraktionen der Geometrie. Schon die Festsetzungen oder Definitionen der Physik sind nicht blosse Abstraktionen, sondern Hilfsbegriffe, die dem Zwecke der Naturerkenntnis gemäss gebildet sein müssen (wie der Begriff der Geschwindigkeit.) Die Gesetze der Physik sind nicht blosse logische Folgerungen, sondern drücken einen Thatbestand aus; sie sollen der treue Ausdruck der sinnlich zugänglichen Wirklichkeit sein. Die Bezeichnung Hypothese will der Verfasser für solche zu Grunde gelegten Vorstellungen und Anschauungen vorbehalten sehen, mit denen wir uns über die Ungenauigkeit der sinnlichen Anschauung erheben (Emanationshypothese des Lichtes, Molekularhypothese, kinetische Gashypothese.) Die Prinzipe oder Grundsätze endlich (wie die von Newton als axiomata sive leges motus bezeichneten Sätze) sind Forderungen, die auf Grund eines reichen Erfahrungsschatzes für den Versuch einer systematischen Behandlung erhoben werden müssen, Postulate zu denen wir durch die Gewalt der Thatsachen gedrängt werden, und mit denen wir uns, wie bei den Axiomen der Geometrie, zu unbegrenzter Genauigkeit erheben, ohne dabei die Sinnenwelt zu verlassen.

Im einzelnen erörtert der Verfasser zunächst das Prinzip von der Erhaltung der Materie und bezeichnet das zur Begründung des Satzes von Chemie und Astronomie gelieferte Material als dürftig, angesichts des Umstandes, dass dieser Satz bereits mit dem Grundbegriff der Masse in der Mechanik verknüpft und schon in den einfachsten Gleichungen der Mechanik implicite enthalten ist. [Sollte nicht der Mangel eines jeden Bedürfnisses nach genaueren Nachweisungen für dieses Prinzip ein Zeichen dafür sein, dass in diesem Prinzip ein aprioristisches Element enthalten ist, das auf den Satz von der Identität zurückzuführen sein dürfte? Lehrreich ist, dass H. Landolt in seinen interessanten Untersuchungen über etwaige Änderungen des Gewichts bei der chemischen Verbindung doch keineswegs an Änderungen der Masse, sondern nur an einen Einfluss des Äthers auf die scheinbare Masse der chemischen Substanz denkt, also an einer erfahrungsgemäss nicht mehr auszumachenden Constanz der Masse festhält. Auch bei den Alten tritt die Constanz der Masse als ein logisches Postulat auf, dem noch keine ausreichende empirische Bestätigung zur Seite steht.] — Der Satz von der Erhaltung der Kraft hat seit seiner Entdeckung bis auf die Gegenwart die Rolle eines Naturgesetzes gespielt.

Wir erleben aber heute, wie der Satz allmählich in die Stelle eines Postulates rückt und den Nimbus eines scheinbar aprioristischen Satzes annimmt. Der Verfasser nimmt daraus Anlass, im allgemeinen davor zu warnen, naturwissenschaftliche Grundsätze aprioristisch zu nehmen. [Aber der Umstand, dass dieses Prinzip in seiner allgemeinen Fassung aus historisch induktiver Grundlage erwachsen, ist kein Grund dagegen, dass bei der Bildung des andern, vorher bezeichneten Princips eine logische Nötigung mitwirkend gewesen ist.] — Das Trägheitsgesetz ist von Galilei in einem besonderen Falle gelegentlich seiner Untersuchungen über den Fall der Körper erkannt und auf Grund eines umfangreichen Erfahrungsmaterials [nicht von Galilei selbst, wie S. 8 gesagt wird, sondern von seinen Nachfolgern] als Naturgesetz aufgestellt worden. Es ist keine Hypothese, wie Riemann meinte, sondern ein Postulat, dem durch keinen begrenzten Gültigkeitsbereich mehr eine Schranke gesetzt ist. [Die gleiche Auffassung hat auch Referent in seiner Abhandlung über den empirischen Ursprung und die Allgemeingültigkeit des Beharrungsgesetzes, in der Vierteljahrs-Zeitschrift für wissenschaftliche Philosophie *VIII, 4, 1884* vertreten.] — Im Satz vom Parallelogramm der Kräfte erkennt der Verfasser als demselben zu Grunde liegend das Prinzip der Superposition. Er betrachtet das Prinzip aber weniger als ein durch Experimente gestütztes Naturgesetz, sondern vielmehr als eine Forderung, mit gewissen Formen des Denkens an die Natur heranzutreten. [Eine genauere erkenntnistheoretische Analyse würde dieses Prinzip als ein der zerlegenden und zusammensetzenden Thätigkeit des Denkens entsprechendes erkennen lassen.] — In Newtons zweitem Gesetze, dass die Änderung der Bewegung der einwirkenden Kraft proportional ist und in der Richtung der Geraden stattfindet, in der die Kraft einwirkt, unterscheidet der Verfasser ausser dem Grundsatz der Superposition der Kräfte noch den der Wirkung einer einzelnen Kraft auf verschiedene Massen, wonach bei gegebener Kraft die Beschleunigung umgekehrt proportional der Masse ist.

Am Schlusse dieser Darstellung spricht der Verfasser sich dafür aus, die Bezeichnung Axiome in der Physik ganz fallen zu lassen. Auch weist er darauf hin, dass man in der specifisch-physikalischen Litteratur das Wort schwerlich noch antrifft. Man vgl. u. a. Thomsons Bemerkung im Handbuch der theoretischen Physik (*Deutsche Ausg. S. 199):* „Physikalische Axiome haben nur für diejenigen die Natur von Axiomen, welche eine hinreichende Kenntnis der Wirkung physikalischer Ursachen besitzen, um imstande zu sein, die Wahrheit jener Sätze auf der Stelle einzusehen!“ In einer Wissenschaft, wie die Physik, die darauf ausgeht, der Empirie den schärfsten Ausdruck zu geben, wird daher in der That das Wort besser ganz zu vermeiden sein. *P.*

Naturwissenschaftliche Hypothesen im Schulunterricht. Von R. Tümpel. *Zeitschrift für Philosophie und Pädagogik I (1894).* Der Verfasser führt aus, dass strenggenommen schon der Ursprung der Erfahrung auf Hypothesen zurückgeht, und dass ebenso die Grundannahmen, auf denen unsere ganze Naturbetrachtung ruht, von hypothetischer Art sind. Auch die Forschungsweise der Naturwissenschaft ist unauflöslich mit Hypothesen verknüpft, es entsteht daher die Frage: „Ist auch die Mitteilung der erworbenen Kenntnisse an die junge Generation an Hypothesen gebunden?“ Der Verfasser untersucht, um diese Frage beantworten zu können, die Bedeutung der Hypothesen für die formale, dann für die materiale Seite des Unterrichts. Er kommt in der ersten Hinsicht nach längerer Untersuchung zu dem Ergebnis, dass schon beim Beobachten und bei der Pflege des vorstellenden Gedächtnisses Hypothesen günstig wirken, dass sie aber bei Auffindung kausaler Sätze und deduktiver Erklärungen geradezu unerlässlich sind. Die formale Seite des Unterrichts wird hiernach durch Hypothesen unzweifelhaft gefördert, doch seien sie auf der Unterstufe auszuschliessen, um die Unbefangenheit des Beobachtens nicht zu schädigen.

In materialer Hinsicht behandelt der Verfasser zunächst ausführlich den Wert der darwinistischen Hypothesen für den zoologisch-botanischen Unterricht und findet, dass der Darwinismus noch nicht den für die Schule nöthigen Abschluss erfahren hat. In der

Geologie hält er Hypothesen für unentbehrlich, misst aber der blos dogmatischen Mitteilung keinen grossen Wert bei und neigt deshalb dazu, diese Disciplin ganz aus den Lehrplänen zu streichen! — Für den chemischen Unterricht gilt dem Verfasser die atomistische Hypothese für ungeheuer wichtig und unumgänglich, doch geht er zu weit mit der Behauptung, dass man, wollte man die Atomlehre vernachlässigen, alle chemischen Erscheinungen nur qualitativ behandeln könne, was zur Ungründlichkeit verführe. Zur Zusammenfassung der Erscheinungen allerdings ist die atomistische Hypothese auch im Unterricht unentbehrlich, obwohl das Wie der Durchführung noch nicht in allen Einzelheiten feststeht. Der Verfasser geht aber auch hier zu weit, wenn er ein Nacherfinden der Hypothesen verlangt. Eine so künstliche Hypothese wie die Avogadrosche kann nicht von Schülern gefunden werden, und doch ist sie die Grundlage für die Anwendung der atomistischen Theorie auf die Chemie. Zutreffend ist, dass nach der Weise neuerer Lehrbücher erst eine grössere Menge von Thatsachen durchgearbeitet sein muss, ehe zur Theorie übergegangen werden kann. Der Verfasser bespricht die von Fr. C. G. Müller, Loew und Schiff in dieser Zeitschrift vorgeschlagenen Darstellungsarten wie auch die Behandlung von Lubarsch (Progr. 1881) und giebt dem Verfahren von Arendt und Wilbrand den Vorzug. Gewisse Widersprüche, die im Begriff des Atoms liegen, hält er für eine willkommene Gelegenheit, den Schülern der obersten Stufe zu zeigen, dass alle unsere Erkenntnis sich widerspruchslos nur auf Gegenstände möglicher Erfahrung beziehen kann. — Im physikalischen Unterricht lassen sich viele Gebiete ohne Hypothesen im Sinne der Schule behandeln. Die Lichtäthertheorie wird schwerlich eingehender in den Unterricht gezogen, ebensowenig die kinetische Gastheorie; beide setzen die Beherrschung höherer Mathematik voraus und entziehen sich schon aus diesem Grunde der Behandlung. Der Verfasser glaubt gleichwohl, dass bei besserer mathematischer Schulung beide Theorieen mehr Beachtung finden würden. Er führt zu Gunsten der Äthertheorie deren Notwendigkeit für die Mineralogie, zur Erklärung der Doppelbrechung u. s. w. an — was indessen über jeden denkbaren schulmässigen Betrieb der Mineralogie hinausgeht. — Zur mathematischen Geographie macht der Verfasser geltend, dass der Unterricht leicht in Dogmatismus verfalle. Es sei schwierig, die Schüler zu systematischen Beobachtungen über den Stand der Sonne u. s. w. anzuhalten. Mitteilungen in dieser Zeitschrift beweisen, dass die Schwierigkeiten überwindbar sind. Auch dass die neuen preussischen Lehrpläne vor dem letzteren Verfahren warnen, ist kein Grund, dass nicht immer wieder der Versuch gemacht würde, auf die Naturbeobachtung zurückzugehen. Nur so kann das hier ohne Zweifel vorliegende „pädagogische Problem“ der Lösung näher gebracht werden. Der Kant-Laplaceschen Hypothese legt der Verfasser hinreichende materielle Bedeutung bei, um ihre dogmatische Mitteilung im Unterricht zu befürworten.

Wenn wir auch in manchem einzelnen von dem Verfasser abweichen, so stimmen wir doch wieder gern seinen Schlussworten zu, in denen er sich, an die Einleitung anknüpfend, gegen den oft gehörten Einwand wendet, die Schule dürfe nur feststehende Thatsachen lehren: „Wenn man nur absolut Feststehendes lehren wollte, was könnte man da überhaupt lehren? Und dann noch eins: Was steht überhaupt auf sprachlich-historischem Gebiet durchaus fest? Reiht sich hier nicht auch Hypothese an Hypothese! Unser Wissen ist hypothetisch, ist Stückwerk! Wenn wir daher überhaupt Jugendunterricht haben wollen, so müssen wir Unterricht in Hypothesen haben wollen!“ *P.*

Einführung in die induktive Logik an Bacons Beispiel (der Wärme) nach Stuart Mills Regeln. Von J. Henrici (Programm-Abhandlung G. Heidelberg, 1894). Der Verfasser liefert hiermit einen Beitrag zur Behandlung der logischen Seite der Physik. Eine solche Hereinziehung des methodologischen Gesichtspunktes in den Unterricht wird den Lesern dieser Zeitschrift, denen die verwandten Darlegungen A. Höflers (*II 1 u. a.*) bekannt sind, nicht zu gewagt erscheinen. Der Verfasser beginnt mit einer Ehrenrettung Bacons gegenüber seinen Verkleinerern, ein Versuch, bei dem es schwer ist, Licht und Schatten richtig zu verteilen, und schwerer, im Rahmen eines darüber erstatteten Berichtes

Zutreffendes und Unzutreffendes zu scheiden. Wir geben nur zur Erwägung, dass Männer wie Newton und Huygens, wenn sie auch gelegentlich eine treffende Bezeichnung Bacons wiederholen, doch darum nicht von der Methode Bacons irgend wesentlich beeinflusst zu sein brauchen. Auch für die Royal Society, wo man zeitweise bewusster und systematischer in den Spuren Bacons wandelte, dürfte die Geschichte seines Einflusses noch zu schreiben sein. Dass Bacon die Bedeutung Galileis völlig verkannte, bleibt für alle Zeit ein schwerer Einwand gegen seine Competenz, in Fragen der naturwissenschaftlichen Methode mitzureden; und Galileis Ableitung der Gleichheit aller Fallbeschleunigungen ist viel zu scharfsinnig, als dass sie sich einfach aus Bacons „Tafel der Grade“ herleiten liesse. Dagegen hat John Stuart Mill in seiner induktiven Logik den leeren Formen Bacons in der That neues Leben eingeflösst, indem er sich auf ein gründliches Studium der seither weit voran geschrittenen Naturforschung stützte. An die Regeln Mills schliesst sich auch der Verfasser an, nicht ohne deren Zusammenhang mit entsprechenden Tafeln Bacons hervorzuheben.

Das nach Bacons Vorgang gewählte Beispiel betrifft die Ursache der Entstehung der Wärme. Nach der ersten Millschen Regel (Methode der Übereinstimmung) ergiebt sich aus den zusammengestellten Einzelfällen, dass Hemmung oder Verminderung von Bewegung die (oder vielmehr eine) Ursache der Wärme ist. Der Verfasser fügt deduzierend hinzu, dass sich auch die chemischen Quellen der Wärme dieser Erklärung unterordnen lassen, wenn man diese dahin verallgemeinert, dass mit dem Verschwinden einer Kräftebethätigung Wärme entsteht. — Zu Mills zweiter Regel (Schluss aus dem Unterschied) wird als entsprechender Versuch die Erhitzung von Wasser im gepressten rotierenden Cylinder angeführt. — Zu der dritten Regel (Vereinigung bejahender und verneinender Fälle) werden weder Baconsche, noch Millsche Beispiele benutzt, dagegen solche Fälle zusammengestellt, in denen beim Verschwinden von Wärme eine neue Kraftäusserung auftritt (Schmelzung durch Wärmeverbrauch u. s. w.). Der Verfasser formuliert, Mills Regeln ergänzend, diesen Fall (als Schluss aus entgegengesetzten Ereignissen) folgendermassen: „Wenn ein Fall, in dem das fragliche Ereigniss eintritt, und ein Fall, wo das Gegenteil dieses Ereignisses eintritt, sich noch dadurch unterscheiden, dass ein einziger Umstand des ersten Falles durch den entgegengesetzten Umstand im zweiten Falle ersetzt wird, so stehen diese Umstände mit den betreffenden Ereignissen in ursächlichem Zusammenhang.“ — Zu der vierten Regel Mills (Schluss aus dem Rückstand) bemerkt der Verfasser selbst, anschliessend an den entsprechenden Einwand Whewells, dass diese Vorschrift für den wichtigsten Teil des Verfahrens, das Suchen des Rückstandes, keine Anleitung giebt; an dieser Stelle zeigt sich überhaupt der begrenzte schematische Charakter solcher logischen Verallgemeinerungen am deutlichsten. — Die fünfte und letzte Regel Mills (Schluss aus den gleichlaufenden Veränderungen) führt zu der Funktionsbeziehung zwischen Arbeit und Wärme; auch hier aber besteht das Wesentliche der Entdeckung in der Auffindung der äquivalent zu setzenden Begriffe (Wärmemenge und Arbeitsgrösse) und diese ist von der logischen Regel unabhängig; in dieser Auffindung aber bekundet sich gerade der wesentliche Teil des induktiven Denkens, und es zeigt sich auch hier, wie wenig jene logischen Schemata geeignet sind, das eigentlich Schöpferische in den Leistungen der grossen induktiven Forscher zu enthüllen; sie liefern, um es kurz zu sagen, die Schale, nicht den Kern des Verfahrens, das ohne induktive Durchdringung des gesamten Erscheinungsmaterials undenkbar ist. Verliert man diesen Gesichtspunkt nicht aus dem Auge, so mag es nicht unangemessen sein, den Schülern gelegentlich auch die abstrakten logischen Formen zum Bewusstsein zu bringen, innerhalb deren jene geistige Thätigkeit sich abspielt. Auch möchte es zweckmässig sein, während des ganzen Unterrichts gelegentlich immer wieder auf das logische Gerippe hinzuweisen, in das sich ja auch die Schlussweisen anderer Wissenschaften, so der medizinischen und juristischen, einordnen lassen.

P.

5. Technik und mechanische Praxis.

Elmores Verfahren zur Herstellung nahtloser Kupferröhren auf elektrolytischem Wege. Von Atmer. *Ztschr. des Ver. deutscher Ing. XXXVIII 79, 1894.* S. und F. Elmore in Leeds hatten gegen Ende des vorigen Jahrzehnts ein Verfahren der elektrolytischen Kupferraffinerie ersonnen, nach welchem es möglich geworden ist, ein äusserst dichtes Kupfer niederzuschlagen, und zwar in der zum Gebrauch direkt geeigneten Form einer nahtlosen Röhre. Nach mehrfachen Verbesserungen und Erweiterungen wird dasselbe jetzt in verschiedenen Ländern in folgender Weise ausgeführt. Als Anode dient eine auf dem Boden eines Bottichs ausgebreitete Schicht von Kupfergranalien, welche dadurch hergestellt werden, dass man das geschmolzene Rohkupfer in dünnem Strahl in kaltes Wasser fliessen lässt. Wenige Centimeter oberhalb derselben befindet sich in der Längsrichtung des Bottichs ein cylindrischer Dorn aus Eisen oder Kupfer. An diesen ist mittels Schleifbürsten der Kathodenpol angeschlossen. Der Elektrolyt besteht aus einer mit Schwefelsäure angesäuerten Kupfervitriollösung. Während nun der Strom durch eine Reihe solcher hintereinander geschalteter Bäder geschickt wird, werden die Dorne beständig in Rotation versetzt, und parallel der Axe jedes Dornes wird ein an einem Schlitten befestigtes Achatprisma, welches dem Dorn fest angepresst ist, auf und ab bewegt. Wie bei jeder Kupferfeinung kommt die Bildung des Kupferniederschlags auch hier auf eine Übertragung des Metalls von der Anode auf die Kathode hinaus. Die etwa vorhandenen Edelmetalle bleiben im Bad suspendiert und werden nach Beendigung des Processes besonders gewonnen. Hat die Wand des Rohres, das sich auf dem Dorn bildet, die gehörige Dicke erreicht, so wird der Dorn aus dem Bad gehoben, und der Kupfermantel wird durch besondere Vorrichtungen getrennt. Da die während eines Hin- und Hergangs des Achats niedergeschlagene Kupferschicht im Allgemeinen nur $^1/_{300}$ mm dick ist, so erlangt das gefällte Kupfer eine gleichmässige, ausserordentlich hohe Dichte (8,95), Festigkeit und Geschmeidigkeit und ist durchaus homogen und porenfrei. Dagegen zeigt das in den gewöhnlichen Kupferraffinerieen erzeugte Produkt stets ein krystallinisches Gefüge und ist brüchig, so dass es behufs weiterer Verarbeitung in der Regel umgeschmolzen werden muss. Nur ist bei dem Elmore-Verfahren darauf zu achten, dass der Strom während des Processes niemals unterbrochen wird, weil sonst die Kupfermasse von Oxydschichten durchsetzt werden würde. Infolge jener durch den Achat bewirkten Glättung gestattet das Verfahren auch ein ungewöhnlich schnelles Arbeiten, denn die Stromdichte kann sich bis auf 600 A pro m^2 belaufen.

Was nun die mechanischen Eigenschaften des Elmore-Kupfers anbetrifft, so lassen sich dieselben nach dem Zweck, dem es dienen soll, durch Änderung der Stromdichte, der Rotationsgeschwindigkeit der Dorne und der Zusammensetzung des Elektrolyten variieren. Das gewöhnliche gewalzte Kupfer zerreisst bereits bei einer Belastung von 22 bis 25 kg/mm^2, das Elmore-Kupfer kann dagegen eine Zugfestigkeit bis 66 kg/mm^2 erreichen, und die Belastung bei der Elasticitätsgrenze kann bis 92% der Bruchbelastung betragen. Mit der Abnahme der Festigkeit wächst die Dehnbarkeit, die bei ausgeglühten Streifen bis zu 62% steigt.

Durch diese Vorzüge erklärt sich die schnelle Einführung des Elmore-Kupfers in verschiedene Zweige der Technik. Die engeren Röhren sind zu Dampf- und Wasserleitungsröhren, die einen besonders hohen Druck, wie auf Schiffen, aushalten sollen, sehr gut geeignet; sie können jetzt bis zu einer Länge von 6 m hergestellt werden. Die weiteren Röhren, deren Durchmesser 1600 mm erreichen kann, dienen zu Walzen und Trockencylindern in der Papier- und Textilindustrie. Indem man die Dorne aus leicht schmelzbaren Legierungen giesst, ist man auch im stande, Röhren von beliebigem Profil in den Bädern zu erzeugen. Schmiedeeisernen Röhren kann ein fest anliegender Kupfermantel von verschiedener Dicke gegeben werden. Die grosse Zähigkeit des Materials gestattet es ferner, dass die Röhrenenden zu Flanschen ausgehämmert, und die Röhren selbst beliebig gezogen werden. Das Elmore-Kupfer übertrifft endlich die Leitfähigkeit des gewöhnlichen Kupfers um $2^1/_2$%, im ausgeglühten Zustande sogar um $4^1/_2$%, so dass

die aus einem Cylinder geschnittenen Streifen, die auch zu Draht mit rundem Querschnitt ausgezogen werden können, zu Leitungszwecken, wobei auch ihre Festigkeit zur Geltung kommt, Verwendung finden. *R. Lüpke.*

Ein Universal-Sensitometer. Von J. Scheiner. Der Apparat dient zu photometrischen Untersuchungen im Gebiete der Photographie und zwar zu Bestimmungen über Plattenempfindlichkeit, Verhalten der Mitteltöne zu den stärksten und schwächsten Tönen bei den verschiedenen Platten, Beziehungen zwischen der Belichtungszeit und der Lichtintensität, Einfluss der verschiedenen Entwicklungsarten auf die Kraft der Bilder, chemische Intensitäten verschiedener Lichtquellen.

Als Lichtquelle dient eine Benzinlampe in Kerzenform (Fig. 1.) Zur Einhaltung gleicher und constanter Flammenhöhe trägt die Lampe einen die Flamme in bestimmter Höhe umgebenden Drahtring *d*. An demselben hängt ein Blech mit einem 1 mm breiten wagerechten Spalt *s*. Flamme, Ring und Spalt werden mit dem rothen Cylinder *Z* umgeben, der in Höhe des Spaltes eine kleine Öffnung hat. Nur das Licht, welches durch *s* fällt, wirkt auf die photographische Platte. Der eigentliche Apparat besteht aus der drehbaren undurchsichtigen Scheibe *S* mit dem besonders geformten Ausschnitt *a* und der Kassette *C* (Format der photographischen Platte 3 × 9). In der Kassette sitzt hinter dem Schieber eine Metallplatte mit 20 gleich weit von einander abstehenden rechteckigen Ausschnitten *o*. Darauf liegt eine dünne Gelatineplatte, welche einen alle Rechtecke durchquerenden undurchsichtigen Strich und die Zahlen von 1 bis 20 zur Numerierung der Rechtecke trägt. Auf die Gelatineplatte wird die Schichtseite der photographischen Platte gelegt. Der Ausschnitt *a* ist so geformt, dass Rechteck No. 1 nur ein Hundertstel des Lichtes erhält, welches auf No. 20 fällt. Von Rechteck zu Rechteck wächst das Licht im gleichen Verhältnis, also wie 1 : 1,27. Bei den Versuchen wird die Kurbel *K* in der Secunde ein- bis zweimal herumgedreht, die Scheibe macht dann 400 bis 800 Umdrehungen in der Minute. Der feste Abstand der Flamme von der lichtempfindlichen Platte wird hergestellt durch eine Kette von 1 m Länge, welche die Lampe mit dem Empfindlichkeitsmesser verbindet. Die zu vergleichenden belichteten und entwickelten Platten werden zur Beurteilung der Dichtigkeit des Silberniederschlages mit der Schichtseite auf weisses Schreibpapier fest aufgedrückt. Fig. 2 zeigt zwei zu vergleichende Platten. Dieselben sind neben einander gelegt und nonienartig gegen einander verschoben, bis Rechteck 1 der unteren Platte neben einem Rechteck der oberen Platte liegt, welches dieselbe Tiefe der Schwärzung zeigt. Rechteck 1 der unteren Platte ist in dem vorliegenden Falle gleich Rechteck 4 der oberen Platte. Die Empfindlichkeit der oberen Platte ist daher $1{,}27^3 = 2{,}1$ mal so gross als die der unteren Platte.

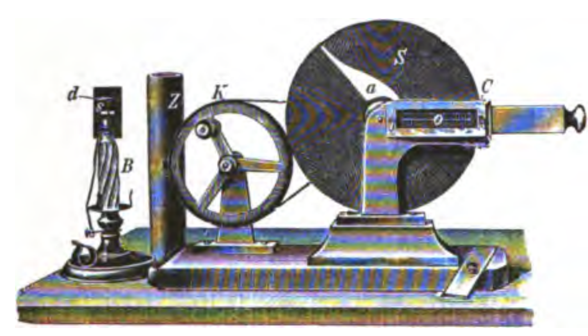
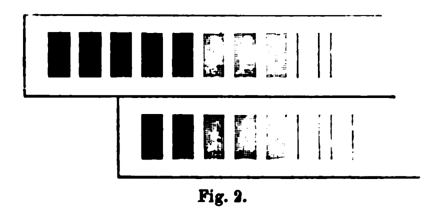


Fig. 1.


Fig. 2.

Der Apparat ist mit ausführlicher Gebrauchsanweisung vom Mechaniker Töpfer in Potsdam zu beziehen. Preis 48 M. (*Zeitschr. f. Instrumentenkunde, XIV 201, 1894.*)

R. H.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Lehrbuch der Physik. Von J. Violle. Deutsche Ausgabe von E. Gumlich, L. Holborn, W. Jaeger, St. Lindeck. Zweiter Theil: Akustik und Optik. Erster Band: Akustik. Mit 163 Textfiguren. Berlin, Julius Springer, 1893. X und 307 S. M. 8,—.

Auch dieser Band zeichnet sich wieder durch gleichmässige Berücksichtigung der mathematischen und der experimentellen Seite des Gegenstandes, sowie durch historische Rückblicke und genaue Quellenangabe aus. Der Verfasser enthält sich fast durchweg der Darlegung eigener Auffassungen, giebt dagegen eine treue und übersichtliche Darstellung der wichtigsten Forschungen auf dem Gebiet der Akustik. Sehr ausführlich sind u. a. die experimentellen Bestimmungen der Schallgeschwindigkeit wiedergegeben. Unsere Leser wird es interessieren, dass die vor einiger Zeit in dieser Zeitschrift veröffentlichte Zurückführung der elektromagnetischen Stimmgabelbewegung auf die Wirkung des Extrastromes (*II 232*) auch von G. Lippmann im Bull. des séances de la Soc. française de physique 1885 angegeben worden ist. Von der Helmholtzschen Theorie der Vokale sagt der Verfasser, dass man die Frage heut für weniger entschieden halte als damals, wo das Helmholtzsche Werk erschien. Die Herausgeber der deutschen Übersetzung haben wieder einige Zusätze gemacht, die sich indessen, abgesehen von dem Berlinerschen Grammophon und den Verbesserungen des Phonographen, etwas einseitig auf Arbeiten von Raps, Krigar-Menzel und Wien beschränken. *P.*

Überblick über die Elektrotechnik. Sechs populäre Experimentalvorträge gehalten im Physikalischen Verein zu Frankfurt a. M. von Dr. J. Epstein. Zweite, vermehrte Auflage. Mit 36 Abbildungen. Frankfurt a. M., J. Alt, 1894. VI u. 89 S. Brosch. M. 2,—, geb. M. 2,80.

Auf diese Vorträge, die zuerst in dem Jahresbericht des Frankfurter Physikalischen Vereins veröffentlicht wurden, ist bereits in dieser Zeitschr. (*VI 205, 210*) hingewiesen worden. Sie bezwecken, Nichtfachleuten die bemerkenswertesten physikalischen Erscheinungen, welche der Elektrotechnik zu Grunde liegen, vorzuführen und im Anschluss daran die wichtigsten technischen Begriffe und Vorrichtungen dieses Gebietes zu entwickeln. Sie beanspruchen keineswegs, erschöpfend zu sein, sondern wollen nur einen allgemeinen Überblick gewähren und auf eine eingehendere Durcharbeitung der Einzelheiten vorbereiten. Die zweite Auflage ist durch Hinzufügung einer grösseren Reihe von Figuren erweitert worden; auch sind die Fortschritte der rasch fortschreitenden Technik in gebührender Weise berücksichtigt worden. Fachgenossen, welche sich einen ersten Einblick in die Elektrotechnik verschaffen wollen, kann das mit grosser Sachkenntnis, Klarheit und Frische geschriebene Büchlein sehr empfohlen werden. *H.*

Graham-Ottos Ausführliches Lehrbuch der Chemie. I. Bd. in drei Abteilungen. Physikalische und theoretische Chemie. Von A. Horstmann, H. Landolt und A. Winkelmann. 3. Auflage. 1. Hälfte der dritten Abteilung: Beziehungen zwischen physikalischen Eigenschaften und chemischer Zusammensetzung der Körper. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn, 1893. 501 S. M. 10,—. Aus diesem Abschnitt ist besonders abgedruckt: Physikalische Chemie der Krystalle von A. Arzruni. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn, 1893. X u. 365 S. M. 7,50.

Bei der grossen Wichtigkeit, welche die physikalische Chemie, dies Grenzgebiet zwischen Physik und Chemie, jetzt erlangt hat, und dem schnellen Fortschreiten der Forschungen auf diesem Gebiete ist die Neubearbeitung des klassischen Werkes von Buff, Kopp und Zamminer in hohem Grade willkommen. Der Umfang des Gebietes hat seit den sechziger Jahren so zugenommen, dass jetzt der frühere erste Band in drei Abteilungen erscheinen muss und dies erklärt auch, weshalb mit Rücksicht auf die Specialforschung gleich der Band I (Abteilung 3) S. 1—349 als gesonderter Abdruck erschienen ist. Das Werk von Arzruni enthält nur ein besonderes Namen- und Sachregister und es ist die Frage, ob es nicht zweckmässig ist, das grössere Werk (d. h. die 3. Abteilung) gleich nur in getrennten Monographien, in die es der Anlage nach zerfällt, erscheinen zu lassen. Die Forschung zersplittert sich immer mehr und mehr und so auch auf diesem Gebiete, auf dem viele nur ein kleines beschränktes Feld bebauen. So sehr dies vielleicht zu bedauern, so muss doch dem einmal vorhandenen Bedürfnis in dieser Richtung Rechnung getragen werden. Die erste Hälfte des Werkes (Bd. I Graham-Otto) umfasst ausser der physikalischen Chemie der Krystalle noch die Beziehungen zwischen der Raumerfüllung fester und flüssiger Körper und deren chemischen Zusammensetzung von Prof. Dr. A. Horstmann S. 353—464 in 22 Abschnitten und als drittes Kapitel die Beziehungen zwischen innerer Reibung

und der chemischen Zusammensetzung flüssiger Substanzen von Dr. R. Pribram. Als weitere Monographien sind in Aussicht genommen 4. Siedepunkt, 5. Schmelzpunkt (beide bearbeitet von Dr. Marckwald), 6. Lichtbrechung (Prof. Brecht), 7. Lichtemission und -Absorption (Prof. Dr. Krüss), 8. optisches Drehungsvermögen organischer Substanzen (Prof. Landolt), 9. elektromagnetische Drehung (Dr. Schönrock). Die erste und zweite Abteilung des ersten Bandes der physikalischen Lehren (Winkelmann) und theoretische Chemie und Thermochemie (Horstmann) sind in ihrem Bestande verblieben.

Das Material der monographischen Darstellungen ist aus den Originalarbeiten geschöpft und die betreffenden Litteraturnotizen sind hinzugefügt, so dass zugleich eine Übersicht über das gesamte abgeschlossene Gebiet gewonnen wird und sich die Darstellung den früheren encyklopädischen Versuchen verschiedener Wissenschaften anschliesst. Die Ausstattung ist eine vorzügliche. Werke wie das vorliegende, das eine vollständige Darlegung unserer Kenntnis auf dem betreffenden Gebiete giebt und die Richtungen zeigt, in denen sich die Forschung bewegt, sind für die Bibliotheken grosser Schulen wichtig und zu empfehlen, da dieselben Zeitschriften nur in beschränkter Zahl besitzen können, und der einzelne Lehrer nicht immer aus den Fortschritten und Jahresberichten der Wissenschaften, die verschiedentlich herausgegeben werden, sich ein Gesamtbild des Ganzen machen kann.

Auf die Einzeldarstellungen einzugehen würde hier zu weit führen, ist es doch nicht einmal möglich, den Inhalt im Speciellen darzulegen. Die Monographie von Arzruni enthält nach einer Einleitung (geometrische und physikalische Eigenschaften der Krystalle) als zweiten Hauptteil die Beziehungen zwischen Krystallform und chemischer Zusammensetzung mit den Abschnitten: Polymorphismus, Isomorphismus, Morphotropie, Ansichten und Erklärung. Da die Produktion auf diesem Gebiete eine sehr grosse ist, waren Nachträge erforderlich, die zugleich Ergänzungen enthalten. Die Horstmannsche Arbeit gruppiert den Stoff nach den beiden Aggregatzuständen, berücksichtigt die Volumverhältnisse bei dem Übergange der beiden Zustände und beim Absorbieren, bei der Lösung und Neutralisation. Der gasförmige Zustand hat bereits in Abschnitt 2 die erforderliche Berücksichtigung gefunden.

Sehr schätzenswert sind auch die zahlreichen Zahlenangaben und Tabellen, die zugleich für später leicht Vergleiche zulassen. Das Werk wird ein schätzenswertes und wichtiges Hilfsmittel sein für alle, die mit dem betreffenden Wissensgebiete in Zusammenhang zu bleiben wünschen. *Schwalbe.*

Specielle Methoden der Analyse. Anleitung zur Anwendung physikalischer Methoden in der Chemie. Von G. Krüss. 35 Abb. 2. Aufl. Hamburg und Leipzig, L. Voss, 1893. 96 S. M. 3,50.

In dem vorliegenden Buch giebt der Verfasser eine Anleitung zur Ausführung solcher analytischen Arbeiten, welche dem Gebiete der physikalischen Chemie angehören und mit den Fortschritten der letzteren in der Laboratoriumspraxis mehr und mehr zur Geltung gekommen, in gewissem Grade sogar unentbehrlich geworden sind. Die beiden ersten Kapitel beziehen sich auf die Bestimmung des specifischen Gewichts der Körper in den einzelnen Aggregatzuständen und die Ermittelung des Molekulargewichts aus der Dampfdichte, der Gefrierpunktserniedrigung und der Siedepunktserhöhung. Das dritte Kapitel handelt von der Feststellung der specifischen Wärme mittels des Bunsenschen Eiskalorimeters. Die übrigen drei Kapitel, welche die grössere Hälfte des Buches einnehmen, erstrecken sich auf die optischen Methoden. Dieselben sind hier eingehender als sonst dargestellt, und zwar werden die Verfahren erörtert, mittels der gebräuchlichen Spektralapparate die Emissions- und Absorptionsspektren der Stoffe behufs Ermittelung der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung derselben zu untersuchen, und im Anschluss hieran werden die mit dem Kolorimeter und den Polarisationsapparaten ausführbaren Messungen erläutert. Die sonstigen physikalischen Methoden der Analyse bleiben unberücksichtigt, da hierüber speciellere Werke bereits erschienen sind.

Gegenüber anderen Büchern, welche dem nämlichen Zweck dienen, zeichnet sich das vorliegende insofern zu seinem Vorteil aus, als es an den Prakticanten, der sich jene neueren Methoden zu eigen machen will, keine erheblichen Anforderungen stellt. Nach den beigegebenen Figuren muss diesem trotz der knappen Form der Darstellung die Construktion der Apparate vollkommen klar werden, und falls er physikalisch nicht genügend vorgebildet ist, wird er durch die in den Text eingeschalteten Fragen oder Fragezeichen auf diejenigen Punkte hingewiesen, über die er sich in den betreffenden Lehrbüchern zu orientieren hat, um die Theorie zu verstehen. Nur muss er sich die Litteratur, die der Verfasser für die einzelnen Fälle leider nicht angegeben hat, selbst aufsuchen. In betreff der Handhabung der Apparate und der Ausführung der Messungen

wird er durch das Buch hinreichend belehrt, um selbst arbeiten zu können. Namentlich kommen ihm hierbei die praktisch ausgewählten Beispiele zu statten, an denen er die sämtlichen Methoden gehörig einüben kann, und die ihn gleichzeitig über die Verwendbarkeit derselben allgemein informieren; freilich wird er hier und da einzelne Versuchsdaten vermissen, nach denen er die Genauigkeit seiner eignen Messungen zu beurteilen im stande gewesen wäre. *R. Lüpke.*

Praktische Anleitung zur Ausführung thermochemischer Messungen. Von M. Berthelot. Autorisierte Übersetzung von Prof. G. Siebert. Leipzig, J. A. Barth, 1893. 111 S. M. 2,—.

Das Buch handelt von der praktischen Ausführung thermochemischer Arbeiten. Da die Thermochemie zu den wichtigsten Gebieten der physikalischen Chemie gehört, und Berthelot nächst J. Thomsen der Hauptvertreter derselben ist, so gewährt das Studium dieses Buches ein ganz besonderes Interesse nicht allein für den Fachmann, der den thermochemischen Untersuchungen obliegt, sondern allgemein für jeden, der ein tieferes Verständnis jenes schwierigen Gebietes zu erlangen sucht. Auf den ersten 7 Seiten sind die Grundlehren der Thermochemie in aller Kürze zusammengestellt. Wie bekannt, wird von Berthelot und den meisten französischen Chemikern das Princip der maximalen Arbeit noch immer streng aufrecht erhalten, obwohl ihm auf Grund der ermittelten Thatsachen und der aus dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik folgenden Erörterungen eine allgemeine Gültigkeit abgesprochen werden musste. Hat sich doch die Annahme, aus welcher jenes Princip entstanden ist, nämlich die, dass die Wärmetönung das Maass der chemischen Affinität sei, längst als ein Irrtum erwiesen, da bei chemischen Processen ausser der Entwickelung von Wärme, die überdies mit der Temperatur mehr oder weniger variiert, noch andere der Grösse nach wenig bekannte Energieumsetzungen vor sich gehen. — Der zweite Teil (S. 8 — 37) bezieht sich auf die zu den thermochemischen Messungen erforderlichen Apparate. Es finden sich darin wertvolle Angaben über die Benutzung der Thermometer und Kalorimeter. Jedoch werden nur diejenigen Messinstrumente berücksichtigt, welche in den Berthelotschen Laboratorien im Gebrauch sind, während andere, selbst das Bunsensche Eiskalorimeter, unerwähnt bleiben. — Der dritte Teil (38—111) handelt von den wichtigeren thermochemischen Operationen, und zwar wird der Reihe nach erläutert, wie man die Neutralisationswärme, die Lösungswärme fester und gasförmiger Körper, die specifische Wärme von Flüssigkeiten und festen Substanzen, und endlich die Schmelz-, Verdampfungs- und Verbrennnungwärme experimentell findet. Ganz ausführlich wird die Bestimmung der letzteren Grösse erörtert, und zwar bieten die Messungen der Verbrennungswärme mittels der mit comprimiertem Sauerstoff zu füllenden calorimetrischen Stahlbombe, durch deren Construktion sich Berthelot ein grosses Verdienst um die Thermochemie erworben hat, ein hohes Interesse. Denn erst durch diesen Apparat ist es möglich geworden, die organischen Substanzen, auch die schwieriger verbrennlichen, sowie solche, welche Chlor oder Schwefel enthalten, vollständig und augenblicklich zu verbrennen, so dass die Versuchsresultate einen bisher nie erreichten Grad der Sicherheit erlangt haben.

Eine reiche Fülle von Erfahrungen, die durch eine zwanzigjährige, rastlose Thätigkeit erprobt sind, hat Berthelot in leicht verständlichen Worten den Chemikern zugänglich gemacht. In der That giebt das Buch eine so vorzügliche Anleitung zu thermochemischen Untersuchungen, dass sich nach demselben ohne weitere Unterweisung arbeiten lässt. Nach einer ausreichenden Anzahl von Abbildungen werden die Messverfahren eingehend auseinandergesetzt und auch die mannigfachen Abänderungen derselben angegeben, wie sie durch die Natur der zu prüfenden Substanzen bedingt sind. Ferner wird darauf hingewiesen, in welchem Grade die schwer zu umgehenden Fehler die Resultate beeinflussen. Ganz besonders ist aber hervorzuheben, dass an zahlreichen, bestimmten Beispielen gezeigt wird, wie die durch den Versuch ermittelten Daten der Temperatur zur Berechnung der gesuchten Wärmemengen dienen.

Es ist daher der Mühe wohl wert gewesen, den französischen Text dieses Buches ins Deutsche zu übersetzen. Nur ist der Ausdruck der vorliegenden Übersetzung stellenweise misslungen. So liest man S. 7 Z. 5 v. u.: „Ein System ist unter sonst gleichen Umständen um so beständiger, einen um so beträchtlicheren Teil seiner Energie es verloren hat“ und S. 12 Z. 1 v. o.: „in einem Hohlraum, der entweder leer oder mit Wasser angefüllt ist.“ Ferner ist der Wortlaut häufiger ungenau. S. 51 Z. 7 v. u. steht: „es ist besser, den Stopfen zu vernachlässigen“ statt: den Wasserwert des Stopfens unberücksichtigt zu lassen; S. 55 Z. 11 v. o.: „eine Bestimmung mit Gewichten“ statt: mit Gewichtsmengen. Zuweilen bleibt selbst die Sache unverständlich oder zweideutig, wie S. 53 Z. 2 v. u.: „Um die specifische Wärme einer wässrigen Lösung zu bestimmen, die nicht weit von der Temperatur der Umgebung liegt“, ferner S. 54 Z. 11 v. u.: „Man bringt in ein und dasselbe Platingefäss nach einander reines Wasser und die Salzlösung“, und S. 78 Z. 3 v. o.:

„Der Verschluss der Bombe wird durch die Adhäsion des Deckelrandes gegen die Innenseite des Gefässes bewirkt.“ Von derartigen Mängeln abgesehen dürfte jedoch die Übersetzung befriedigen.
R. Lüpke.

Zur Orientierung in der Energielehre. Von L. Dressel, S. J. Sonderabdruck aus „Natur und Offenbarung“, 39. Band, Münster 1893. 60 S.

Bei den heutigen Bestrebungen, für die Lehre von den Energieen eine allgemeine Grundlage zu finden, ist die vorliegende Schrift von gewissem Interesse. Nachdem der Verfasser an einigen Beispielen den Begriff der Energie als der Wirkungsfähigkeit eines materiellen Substrates, welche demselben infolge eines gewissen Zustandes anhaftet, erläutert hat, sucht er einheitlich zu zeigen, dass sich der Wert einer jeden Energieform L durch drei Faktoren: die Quantität l, die Kapacität λ und die Intensität p bestimmen lasse, und stellt zwischen diesen Grössen die Beziehungen $l = \lambda . p$ und $L = {}^1/_2\, lp = {}^1/_2\, \lambda p^2$ auf. Für die Bewegungsenergie würde das Produkt aus der Masse m und der Geschwindigkeit v die Quantität, ferner die Bewegungsgrösse m, wenn $v = 1$ gesetzt wird, die Capacität, und es würde die Geschwindigkeit selbst die Intensität bedeuten, so dass die Formel der Energie $L = {}^1/_2\, mv^2$ lautet. Die Quantität der Wärmeenergie soll nach Dressel in allen Fällen die Entropie sein. Aber abgesehen davon, dass die specifische Wärme hierbei ganz ausser Acht gelassen wird, beruht seine Beweisführung nur auf Analogieschlüssen und geht von der nicht gerechtfertigten Annahme aus, dass die Entropie bei Wärmeübergängen constant bleibe. Der Verfasser sieht sich daher genötigt, die Richtigkeit des Clausiusschen Satzes von der Entropievermehrung zu bestreiten und die allgemeine, auch von ihm anerkannte Energieentwertung, welche eine Folge jenes Satzes ist, aus dem Bestreben der Energieen sich auszugleichen zu erklären. Von der chemischen Energie erwähnt er nur, dass sie zu den Spannungsenergieen gehöre. Auf eine weitere Erörterung der Faktoren dieser Energieform geht er nicht ein. Bei der Betrachtung der Energieverschiebungen kommt er zu dem Resultat, dass der Energieverlust des Systems mit höherer Intensität grösser ist als der Gewinn im andern System, und dass daher Energie aufgewendet werden muss, den Vorgang rückgängig zu machen. Es ist dies bekanntlich eine Form, in welcher Clausius den zweiten Hauptsatz ausgedrückt hat. Die Formel des letzteren $Q_1 - Q_2 : Q_1 = T_1 - T_2 : T_1$ wird von Dressel besonders bewiesen, und zwar in einer höchst einfachen und anschaulichen Weise. In betreff der Verwandlungen der Energieformen, die er in Spannungs- und Bewegungsenergieen einteilt, beschränkt er sich auf allgemeine Bemerkungen; namentlich betont er, dass das Leben der Organismen nicht in einer blossen materiellen, den Energiegesetzen unterworfenen Wirkung der Molekeln bestehe, sondern dass hier noch ein besonderes Lebensprincip zur Geltung komme.

An verschiedenen Stellen wendet sich der Verfasser polemisierend gegen Ostwald. Jedoch gehören seine Erörterungen mehr dem Gebiete der Philosophie an. In sachlicher Beziehung hat er gegen jenen Forscher nichts einzuwenden.
R. Lüpke.

Programm-Abhandlungen.

Ein Beitrag zur elementaren Theorie des Potentialbegriffs in der Elektricitätslehre. Teil I: Elektrostatik. Von Joseph Cremer. K. Gymnasium zu Cleve, Ostern 1894. Pr. No. 429. 17 S.

Der Verfasser nimmt in der Frage der Einführung des Potentials in den Schulunterricht eine bejahende Stellung ein, will sich aber nicht auf die Erklärung des Potentials als eines Zustandes im elektrischen Felde beschränken, sondern vielmehr den Arbeitsbegriff zu Grunde legen. Er stellt, im Anschlusse an die bekannte Litteratur, einige elementare Entwicklungen zusammen, doch möchten wir den Standpunkt, den er vertritt, nicht nach diesen Entwicklungen beurteilt sehen. Der Verfasser glaubt, dass von seinem Standpunkt aus dem Schüler am besten gezeigt werden kann, dass auch in der Elektrostatik der Satz von der Erhaltung der Arbeit seine volle Gültigkeit hat; dann darf man aber nicht den fundamentalen Satz, dass der Arbeitswert des Potentials unabhängig von dem Wege ist, auf dem die positive elektrostatische Einheit herangebracht wird, aus dem Princip der Erhaltung der Arbeit folgern. Noch weniger darf man dabei gewonnene und verlorene Arbeit verwechseln (S. 5). Auch sonst nimmt es der Verfasser etwas leicht mit seinen Deduktionen. Für das Potential eines elektrisch geladenen Körpers auf einen Punkt P im elektrischen Felde wird der Wert $V = M/R$ angegeben, wo R die Resultierende aus den Entfernungen des Punktes P von den wirkenden elektrischen Teilchen des Körpers ist; in dem einfachsten Fall einer gleichmässig mit Elektricität bedeckten Kugel sei also „wegen der vollständigen Symmetrie einer Kugel“ R gleich dem Abstande des Punktes P von dem Mittelpunkte der Kugel! Auch den öfter anzutreffenden Irrtum, dass die Energie eines elektrischen

Leiters gleich dem Produkt aus Potential und Ladung (statt des halben Produkts) gesetzt wird, hat der Verfasser nicht vermieden.

Wir möchten auch bei dieser Gelegenheit betonen, dass elementare Behandlung nicht gleichbedeutend mit ungründlicher oder unklarer Behandlung ist. Was nicht gründlich und klar dargelegt werden kann, sollte überhaupt aus dem Unterricht fern bleiben. Bedenken solcher Art mahnen auch immer wieder zur Vorsicht in dem Gebrauch theoretischer Begriffe wie der Arbeitsbegriff des Potentiales, bei denen die Gefahr missverständlicher Auffassung nur allzu nahe liegt; sie führen dazu, der einfachen Zustandsdefinition, wie in dieser Zeitschrift mehrfach geschehen, bei der Einführung den Vorzug zu geben. *P.*

Versammlungen und Vereine.

Verein zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und den Naturwissenschaften.

Dritte Versammlung in Wiesbaden am 15. und 16. Mai 1894. (Schluss.)

B. Erste Sitzung der vereinigten Abteilungen für Mathematik und Physik.

2) Vortrag des Herrn Oberlehrers Dr. C. H. Müller aus Frankfurt a. M. über die Einführung stereometrischer Construktionen in den Gymnasialunterricht.

Im Anschluss an die Besprechung des Vortrags beschliesst die Versammlung: In dem stereometrischen Unterricht des Gymnasiums ist das construktive Element mehr als bisher zu betonen; die zu weit in den Vordergrund geschobene rein mechanische Behandlung muss mehr zurückgedrängt werden.

3) Vortrag des Herrn Oberlehrers Presler aus Hannover über die Ausbildung der Mathematiker im Zeichnen. — Beschluss der Versammlung im Anschluss an den Vortrag: Es ist dringend zu wünschen, dass den Studierenden der Mathematik an allen Universitäten Gelegenheit gegeben werde, sich diejenigen Kenntnisse und Fertigkeiten anzueignen, welche zur Erlangung der Lehrbefähigung im Linearzeichnen, insbesondere in der darstellenden Geometrie erforderlich sind.

4) Vortrag des Herrn Professors Dr. Richter aus Wandsbek über das Thema: Wie ist das physikalische Pensum der Gymnasien zu umgrenzen? (Vgl. d. Zeitschrift *VII 215*). Redner führte Folgendes aus: Es sei schon oft gesagt worden, den Schülern müsse im Unterricht so viel Interesse an der Physik beigebracht werden, dass es im späteren Leben vorhalte. Dagegen sei die Frage bisher wenig beachtet worden, wie der Stoff zu diesem Zweck auszuwählen sei. Nicht massgebend dürfe bei der Stoffauswahl das besondere wissenschaftliche Interesse des Lehrers für den einen oder anderen Gegenstand sein. Der Lehrer müsse sich vielmehr für alles interessieren, was das geistige Wachstum der Schüler fördere. Da das Interesse der Schüler nach dem Verlassen der Schule am meisten lebendig bleibe, wenn ihnen diejenigen Versuche, Gesetze und Hypothesen vorgeführt würden, welche zum Verständnis solcher Erscheinungen nötig seien, die den Schülern im Leben immer wieder entgegentreten, und deren Verständnis demnach einen Bestandteil der allgemeinen Bildung ausmacht, so sei also der Stoff dementsprechend auszuwählen. Das schliesse die mathematische Formulierung der Gesetze nicht aus, denn zur allgemeinen Bildung gehöre auch die auf eigener Erfahrung beruhende Überzeugung, dass in der Natur alles nach mathematischen Gesetzen sich vollziehe. Eine auf diesem Gesichtspunkt beruhende Stoffbegrenzung führe weder zu einer Stoffvermehrung noch -verminderung, wie aus der Vorlage sich ergebe. Das Kriterium der allgemeinen Bildung dürfe jedoch nicht als ein absolutes betrachtet werden. Vielmehr seien manche für die allgemeine Bildung wichtige Gegenstände wie der Begriff des Potentials für Gymnasiasten zu schwierig oder hätten für sie zu wenig Interesse und seien daher auszuschliessen. An den Realgymnasien und Oberrealschulen sei die Stundenzahl erheblich grösser und die Schwierigkeiten für die Schüler wohl geringer als an den hum. Gymnasien, daher könne dort auch der Stoff entsprechend weiter begrenzt sein. — Eine auf dem geschilderten Princip beruhende Begrenzung des Unterrichtsstoffes sei auch für die Hochschulen die wünschenswerteste, indem sonst den Studierenden auf der Universität zu wenig Neues geboten werden könne. Das sei auch die Meinung vieler Universitätsprofessoren. Freilich müssten diese auch auf das, was bereits auf der Schule durchgenommen worden ist, Rücksicht nehmen und dürften nicht den grössten Teil des Gymnasialpensums in ihren Vorlesungen wiederholen. Damit sie wüssten, was sie bei den auf die Universität kommenden Studierenden voraussetzen könnten, sei wiederum eine Umgrenzung des Schulpensums erforderlich. — Die Begrenzung des Stoffes

dürfe jedoch nur im Allgemeinen erfolgen, im Einzelnen müsse dem Lehrer Freiheit in der Stoffauswahl gelassen werden.

C. Sitzung der vereinigten Abteilungen für Natur- und Erdkunde.

5) Vortrag des Herrn Oberlehrers Dr. Endemann aus Wiesbaden über politische und volkswirtschaftliche Belehrungen im geographischen Unterricht.

6) Vortrag des Herrn Dr. Kienitz-Gerloff, ord. Lehrers an der Landwirtschaftsschule zu Weilburg, über die Gestaltung des Unterrichts in der Naturgeschichte, zunächst in der Botanik, nach historischen und heuristischen Grundsätzen.

7) Besprechung von Leitsätzen des Herrn Professors Dr. Reichenbach aus Frankfurt a. M. über Forderungen für den Unterricht in der Biologie.

D. Zweite allgemeine Sitzung.

8) Vortrag des Herrn Oberlehrers Lüddecke aus Crossen über den Beobachtungsunterricht in der Natur- und Erdkunde als Unterricht im Freien.

Im Anschluss an die Besprechung des Vortrags erklärt die Versammlung die Einrichtung von Unterricht im Freien für wünschenswert und giebt dem Vorstand anheim, die Behörden von dieser Erklärung in Kenntnis zu setzen.

9) Vortrag des Herrn Direktors Prof. Dr. Schwalbe aus Berlin über naturwissenschaftliche Ferienkurse für Oberlehrer.

Der Vortragende erörtert die allgemeinen Gesichtspunkte, welche bei naturwissenschaftlichen Ferienkursen in Betracht kommen, und giebt einen Überblick über die seit Ostern 1891 in Berlin abgehaltenen Kurse. Für die Lehrer der Naturwissenschaften sei eine Weiterbildung besonders geboten; neue Stoffe müssten von ihnen auf ihre Verwendbarkeit in der Schule geprüft, neue Methoden ihnen zugänglich gemacht, die Kenntnis neuer Lehrmittel unter ihnen verbreitet werden; epochemachende Versuche und neue Thatsachen seien vielen nicht durch Anschauung bekannt, da ihnen ihr Wohnort zu einer solchen nicht zu verhelfen vermöge und litterarische Hilfsmittel, sofern sie vorhanden, für die fehlende Anschauung keinen hinreichenden Ersatz böten; der junge Lehrer habe ferner vielfach zunächst keinen experimentellen Unterricht zu erteilen und sei daher später, wenn er zur Anstellung komme, im Experimentieren nicht geübt. — Von den Fortschritten der Wissenschaft, welche in den Kursen vorgeführt würden, solle indessen durchaus nicht alles in die Schule wandern, die Teilnehmer sollten vielmehr hauptsächlich Anregung empfangen. Bei der Abhaltung von Ferienkursen kämen verschiedene Nebenumstände in Betracht: die Lehrer könnten nicht lange ihrem Berufe fern bleiben, weshalb für die Kurse die Ferien benutzt werden müssten, wodurch andererseits die Teilnehmer der ihnen so nötigen Erholung verlustig gingen; auch sei die pecuniäre Seite der Angelegenheit zu berücksichtigen. Des Weiteren gedachte Redner der Möglichkeit anderer Einrichtungen anstelle der bisher üblichen (Angliederung an ein Schul- oder Universitätsseminar, Entsendung bestimmter Lehrer). — Bei dem ersten, Ostern 1891 stattgehabten Berliner Kursus habe es sich gezeigt, dass wegen des verschiedenen Grades der Geübtheit der Teilnehmer im Experimentieren praktische Übungen in Physik und Chemie allgemein nicht durchführbar seien, dagegen hätte sich die Anleitung zum Ausstopfen und Conservieren von Tieren bewährt. Jedenfalls könnten praktische Übungen in der Naturlehre bei der Kürze der Zeit nur von Nutzen sein, wenn der ganze Kursus ein Specialgebiet zum Mittelpunkt habe wie in Frankfurt die Elektrotechnik. — Redner ging darauf auf Inhalt und Umfang der Berliner Kurse ein und bemerkte zum Schluss, dass in der kurzen Zeit eines Kursus nicht viel gelernt werden könne, ein solcher solle aber auch, abgesehen von der dargebotenen Anregung, vorwiegend ein Bindeglied zwischen Schule und Hochschule darstellen und eine kollegialische Aussprache ermöglichen.

10) Bericht des Oberlehrers Dr. Kadesch aus Wiesbaden über einen Ostern d. J. zu Frankfurt a. M. abgehaltenen Ferienkursus[1]).

Der Kursus war vom physikalischen Verein zu Frankfurt eingerichtet. Redner bezeichnete diesen ersten Versuch in Frankfurt eine derartige Einrichtung ins Leben zu rufen, als durchaus gelungen. Der Kursus zerfiel in Vorlesungen, Übungen und Excursionen. Es lasen Herr Professor Dr. König, Dozent der Physik am physikalischen Verein, über Polarisation des Lichts und elektrische Wellen, Herr Dr. J. Epstein, Dozent der Elektrotechnik ebenda, über Dynamokunde, Herr Dr. de Neufville, Dozent der Chemie ebenda, über komprimierte Gase und über die chemischen

[1]) Vgl. diese Zeitschr. *VII 214*.

Grundlagen der Photographie und des Lichtdruckes und Herr Professor Dr. Rosenberger von der Musterschule zu Frankfurt a. M. über die Entwicklung der Newtonschen Physik. An die Vorlesungen der Herren Dr. Epstein und Dr. de Neufville schlossen sich praktische Übungen an. Der Berichterstatter giebt einen Überblick über den Inhalt der Vorträge der drei erstgenannten Herren. Als am meisten unmittelbar für den Unterricht nutzbringend bezeichnet er die Vorlesungen des Herrn Dr. Epstein, welche wahre Musterlektionen gewesen seien. In den praktischen Übungen, welche Herr Dr. Epstein abhielt, wurden Schwach- und Starkstromgalvanometer, Voltmeter und Elektricitätszähler controlliert und geaicht, Messungen an elektrischen Maschinen und an Bogenlampen vorgenommen u. dergl. m. In den von Herrn Dr. de Neufville abgehaltenen Übungen nahm derselbe das in den Vorlesungen Behandelte noch einmal ausführlicher durch. Auf den Excursionen wurden besucht die Höchster Farbewerke, die elektrische Centrale zu Bockenheim, die Maschinenfabrik von Pokorny & Wittekind und die Fabrik elektrischer Instrumente von Hartmann & Braun daselbst, die elektrische Beleuchtungsanlage des Hauptbahnhofs, die Gasfabrik und die Gold- und Silberschneideanstalt zu Frankfurt. Der Berichterstatter empfiehlt, bei dem Besuch einer gewerblichen Anlage die Teilnehmer in möglichst kleine Gruppen zu teilen, damit jeder derselben ein allgemeines Verständnis des betr. Betriebs gewinnen könne, was sonst wegen des meist vorhandenen Lärms nicht immer möglich sei. — Der Kursus dauerte zehn Tage.

11) Bericht des Herrn Professor Dr. Klein aus Göttingen über die dortigen Ferienkurse[2]).

Auf Grund der Erfahrungen des ersten Kursus (1892) dauern nach dem Bericht die Kurse je 12 bis 14 Tage und ist zur Verminderung des Stoffs ein zweijähriger Turnus eingerichtet, bei welchem Geographie und Geologie mit Chemie und Mineralogie abwechseln, während Astronomie ganz ausfällt und methodische Vorträge aus dem Gebiet des naturwissenschaftlichen Schulunterrichts sowie solche und Demonstrationen über Gegenstände aus der Mathematik, Physik, Botanik und Zoologie sich jedes Jahr wiederholen. Die Vorträge werden von den Hauptvertretern der betreffenden Fächer selbst gehalten, damit die Universität ihre neue Aufgabe voll und ganz erfüllt. Bei dem diesjährigen Kursus fanden in Physik, Chemie und Mineralogie folgende Vorträge u. s. w. statt. 1. Physik. Experimentalvorträge über die Maxwellsche Theorie der elektrischen und magnetischen Wirkungen, über Dynamokunde und Kraftübertragung und über das thermodynamische Gleichgewicht heterogener Systeme; Versuche von Hertz und Tesla über schnelle elektrische Schwingungen. 2. Chemie. Vorträge über die Demonstration von Verbrennungserscheinungen mit Rücksicht auf den Schulunterricht und über die Benutzung von Atommodellen für die Zwecke des chemischen Unterrichts; Besichtigung des chemischen Laboratoriums. 3. Mineralogie. Versuche von Abbe über den physikalischen Vorgang bei der Entstehung mikroskopischer Bilder von Objekten, die in durchfallendem Licht betrachtet werden; Vorführung des Apertometers von Abbe; Versuche zur Erläuterung der Analogie zwischen den umkehrbaren Umwandlungen polymorpher krystallisierter Körper und den Änderungen des Aggregatzustandes; Demonstration der Lehrmittel, welche benutzt werden zur Erläuterung der Einteilung der krystallisierten Körper in 32 Gruppen nach den Symmetrieeigenschaften des Wachstums und der Auflösung; Versuche über Wärmeleitung, optisches und pyroelektrisches Verhalten der Krystalle, aus dem die Symmetrieeigenschaften dieser Vorgänge sich ergeben, sowie über Suspensionen und Hinweis auf deren geologische Bedeutung; Besichtigung der Schausammlung und der Sammlung von Wandtafeln. — Die methodischen Vorträge hatten zum Gegenstand eine Darstellung des Unterrichts in der Elektricitätslehre auf der Oberstufe höherer Lehranstalten aus dem Gesichtspunkt einer einzigen elektrischen Energieform auf Grundlage des Potentials als elektrischen Zustands (nicht als Arbeit!).

Beschluss im Anschluss an die Besprechung des Vortrags und der Berichte: Die Versammlung hat mit grossem Interesse von den Erfolgen der Ferienkurse Kenntnis genommen und spricht den dringenden Wunsch aus, dass derartige Kurse in grösserem Umfange und auch an anderen Orten als bisher eingerichtet werden.

E. Zweite Sitzung der vereinigten Abteilungen für Mathematik und Physik.

12) Vortrag des Herrn Direktors Dr. Kaiser aus Wiesbaden über die Behandlung der Maxima und Minima in der Prima der Oberrealschule.

13) Vortrag des Herrn Professors Dr. Hermes aus Lingen über die Behandlung der Congruenzsätze in der Quarta höherer Lehranstalten.

[2]) Vgl. diese Zeitschr. *VII 214*.

14) Bericht des Herrn Professors Pietzker aus Nordhausen über die Ausführung des in Braunschweig angenommenen Leitsatzes über die Umgestaltung des mathematischen Unterrichts im Anschluss an die neuen preussischen Lehrpläne.

15) Vortrag des Herrn Professors Pietzker über die Notwendigkeit der Aufstellung gewisser Normen für die Einrichtung der physikalischen Sammlungen an den höheren Schulen.

Der Vortragende führt aus, dass an den höheren Lehranstalten hinsichtlich der Einrichtung der physikalischen Sammlung grosse Verschiedenheiten vorhanden seien; an vielen Anstalten fehlten unbedingt notwendige Apparate, während sich manches Entbehrliche vorfinde, auch sei man bei Neubeschaffung von Apparaten mehr als wünschenswert vom Mechaniker abhängig. Zur Beseitigung dieser Übelstände seien Normalverzeichnisse der Einrichtungen und Apparate nötig, welche die verschiedenen Arten der höheren Lehranstalten besitzen müssten. Redner schlägt die Berufung einer Commission zur Aufstellung solcher Normalverzeichnisse vor, über welch' letztere auf der nächstjährigen Versammlung Beschluss zu fassen sei. Die Versammlung beschliesst, eine Commission von fünf Mitgliedern zu berufen; deren Auswahl und die Feststellung ihres Arbeitsplans wird dem Vorstand überlassen.

F. Ausflug nach Frankfurt a. M.

Es fand hier der Besuch des Instituts des physikalischen Vereins, der Sammlungen der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft, des Palmen- und des Zoologischen Gartens statt.

Im Institut des physikalischen Vereins hielt zunächst Herr Prof. König einen Experimentalvortrag über Hertzsche Versuche, und zwar waren die Versuche mit den parabolischen Spiegeln ausgewählt worden. Als Elektricitätsquelle diente eine Influenz-Elektrisiermaschine. Eine solche kann jedoch die erforderlichen sehr schnellen Schwingungen nicht erregen, dazu sind grössere Elektricitätsmengen nötig. Darum waren die Pole der Maschine mit den Belegen der einen Seite eines Töplerschen Doppelcondensators leitend verbunden, welche ausserdem mit den Kugeln eines Funkenmikrometers in leitender Verbindung standen. Die Belege der anderen Seite waren mit zwei durch Halbkugeln abgeschlossenen Metallcylindern verbunden, die sich in der Brennlinie eines parabolischen Cylinderhohlspiegels aus Zink befanden. Die Belege der ersten Seite des Doppelcondensators wurden nun durch die Influenzmaschine entgegengesetzt geladen. Ihre Ladungen zogen in den entsprechenden Belegen der anderen Seite die ungleichnamigen Elektricitäten an und stiessen die gleichnamigen Elektricitäten nach den Metallcylindern, den sog. primären Leitern, ab, zwischen denen sie sich in Form kleiner Fünkchen ausglichen. Als die Spannung auf den Belegen der ersten Seite so gross geworden war, dass sich deren Ladungen durch das Funkenmikrometer ausglichen, erfolgte auch der Ausgleich der Ladungen der anderen Belege zwischen den Primärleitern. Die hierbei von diesen ausgehenden elektrischen Wellen, welche den Hohlspiegel trafen, wurden parallel zu dessen Axenebene zurückgeworfen. Sie wurden von einem zweiten Hohlspiegel von gleicher Beschaffenheit wie der erste, der diesem in einigen Metern Entfernung gegenüberstand, aufgefangen und nach der Brennlinie desselben reflektiert. Hier befanden sich die secundären Leiter, nämlich zwei Metallbleche, welche mit ihren einen Enden einander gegenüberstanden. Von letzteren führten Drähte durch den Spiegel zu einem kleinen Hertzschen Funkenmikrometer. Die Wellen riefen in dem secundären Leiter elektrische Oscillationen hervor, welche das Auftreten kleiner Fünkchen zwischen den Kugeln des Hertzschen Funkenmikrometers zur Folge hatten. Da diese Fünkchen jedoch nur in nächster Nähe sichtbar waren, so bediente sich Herr Prof. König nach dem Vorgange von Boltzmann folgender Versuchsanordnung, um die Oscillationen auf den secundären Leitern dem ganzen Auditorium sichtbar nachzuweisen. Die Mitten der die secundären Leiter bildenden Bleche waren mit den Polen einer Zambonischen Säule verbunden, deren einer Pol ausserdem mit der Hülle, der andere mit den Blättchen eines Blattelektroskops in Verbindung stand. Die Blättchen waren stark vergrössert auf einen Schirm projiciert. So lange nun in den secundären Leitern keine Schwingungen durch ankommende Wellen induciert wurden, war das Elektroskop durch die Zambonische Säule geladen und seine Blättchen divergierten. Bei jedem Ausgleich am Funkenmikrometer des Doppelcondensators wurden sie durch die in den secundären Leitern entstehenden Schwingungen entladen und zuckten daher lebhaft bei langsamem Drehen der Influenzmaschine, während sie bei rascher Drehung ganz zusammenfielen. Stellte sich jetzt eine Person zwischen die Spiegel oder wurde ein drehbares Drahtgitter zwischen sie gebracht, dessen Drähte vertical standen, so hörte die Wirkung auf das Elektroskop sofort auf, während sie bei horizontaler Stellung der Drähte andauerte. Darauf wurden die Spiegel gedreht, so dass ihre

Axenebenen einen Winkel von ungefähr 120° bildeten, und an die Stelle der Schnittgeraden dieser Ebenen das Drahtgitter gebracht und zwar so, dass es mit beiden Ebenen gleiche Winkel bildete. Dann zeigte sich eine Einwirkung auf das Elektroskop bei verticaler Lage der Drähte, während bei horizontaler Lage derselben die Elektroskopblättchen ihre Divergenz unverändert beibehielten. Im ersten Falle fand also Reflexion der Wellen am Gitter, im zweiten ungehindertes Hindurchgehen derselben durch das Gitter statt. Nunmehr wurden die Spiegel unter geringer Neigung ihrer Axenebenen nebeneinander und ihnen gegenüber eine aus zwei Teilen bestehende ebene Zinkwand aufgestellt. Befanden sich beide Teile in derselben Ebene, so trafen sich die von ihnen zurückgestrahlten Wellen in derselben Phase und verstärkten einander, weshalb man eine deutliche Einwirkung auf das Elektroskop wahrnahm. Dieselbe hörte auf, wenn die Teile der Wand um 22 cm gegen einander verschoben wurden, trat wieder ein bei 44 cm Entfernung der Wandteile, verschwand wieder bei 66 cm Abstand u. s. f. Bei einer Entfernung von z. B. 22 cm waren demnach die Teile um $^1/_4$ Wellenlänge von einander abstehend, so dass die von ihnen zurückgehenden Wellen um $^1/_2$ Wellenlänge in ihren Phasen verschieden waren und sich gegenseitig aufheben mussten. Eine ganze Wellenlänge betrug demnach 88 cm.

Nach dem Vortrag wurde die physikalische Sammlung, das chemische Laboratorium, die elektrotechnische Lehr- und Untersuchungsanstalt, die meteorologische Station, der Maschinenraum und die Accumulatorenbatterie des physikalischen Vereins in Augenschein genommen. Im Maschinenraum führte Herr Dr. Epstein Versuche vor über ein- und zweiphasigen Wechselstrom sowie Thomsonsche Induktionsversuche über die Abstossung von Kupferscheiben durch Elektromagnete im Augenblick der Erregung, die Anziehung beim Aufhören der Erregung, das Fortschleudern und Erwärmen von Ringen und die Rotation von Kupferscheiben bei Erregung durch Wechselstrom. In der Lehranstalt machte Herr Dr. Epstein Mitteilungen über die Art des Unterrichtsbetriebs, in der Untersuchungsanstalt erläuterte er verschiedene technische Methoden (Aichung von Volt- und Ampèremetern, Isolationsmessungen u. dgl.) durch Ausführung der betreffenden Messungen. Schliesslich möge auch die Vorführung des Sömmeringschen Telegraphen im Betrieb durch Herrn Dr. Epstein nicht unerwähnt bleiben.

Die nächste Versammlung soll in Göttingen stattfinden. *A. Kadesch.*

Physikalische Gesellschaft zu Berlin.

Sitzung am 19. Januar 1894. Herr George E. Hale sprach als Gast über die photographische Erforschung der Sonne. (Vgl. *Astronomy and Astro-Physics 1892 und 1893.*) — Herr F. Neesen legte eine Mitteilung von Herrn van Aubel in Brüssel über ein Verfahren, Aluminium mit anderen Metallen zu bedecken, vor, welche der Verfasser aus Anlass des Vortrags vom 1. Dezember 1893 über den gleichen Gegenstand eingesandt hat. — Herr R. Börnstein berichtigt einen störenden Druckfehler in der gemeinsam mit Herrn Landolt von ihm kürzlich herausgegebenen zweiten Auflage der *Physikalisch-chemischen Tabellen.* Dort ist auf Seite 538 unter der Überschrift „die elektrischen Maasseinheiten“ angegeben, die ein Ohm darstellende Quecksilbersäule habe bei 0° und 106,3 cm Länge eine Masse von 14,552 g. Statt dieser letzteren Zahl muss es heissen: 14,452 g.

Sitzung am 2. Februar 1894. Herr E. Goldstein sprach über einige Arten Kathodenstrahlen. (Vgl. *Wied. Ann. LII 622, 1894.*)

Sitzung am 16. Februar 1894. Herr M. Planck hielt eine Gedächtnisrede auf Heinrich Hertz. (Vgl. diese Zeitschr. *VII 257.*)

Sitzung am 2. März 1894. Herr A. Koepsel hielt einen Vortrag über einen Apparat zur Bestimmung der magnetischen Eigenschaften des Eisens in absolutem Maasse mit direkter Ablesung. — Herr H. E. J. G. du Bois sprach dann über einen Ringelektromagneten zur Erzeugung intensiver Felder. (Vgl. *Wied. Ann. LI 537.*)

Sitzung am 16. März 1894. Herr R. Börnstein sprach über seine elektrischen Beobachtungen bei den beiden Luftfahrten, die er am 18. August und 29. September mit dem Ballon Phönix gemacht hat, er constatierte beide Male, dass das Potentialgefälle nach oben hin geringer wurde. Es liegen nun die Ergebnisse von fünf verschiedenen Luftfahrten vor, bei welchen unabhängig von einander drei Beobachter, G. le Cadet, R. Börnstein und Baschin fanden, dass mit wachsender Höhe das atmosphärische Potentialgefälle abnimmt. Wenn es hiernach als sehr wahrscheinlich gelten darf, dass diese Wahrnehmung wirklich der regelmässigen Verteilung der Elektricität entspricht, so muss die Annahme Exners, nach welcher mit dem Wasserdampf

negative Elektricität in die Luft gelangt, aufgegeben werden. Vielmehr scheint aus den Beobachtungen hervorzugehen, dass in der Atmosphäre Elektricitätsmassen positiven Vorzeichens vorhanden sind. Herr v. Bezold fügt diesen Auseinandersetzungen des Herrn Börnstein noch einige Bemerkungen hinzu und betont vor allem, dass Beobachtungen auf Bergen, auf hohen Türmen oder mit Drachen nicht geeignet sind, über den Sitz der luftelektrischen Erscheinungen Aufschluss zu geben. Es muss vielmehr das in solchen Fällen unvermeidliche Zusammendrängen der Gleichgewichtsflächen ein scheinbares Steigen des Potentialgefälles mit der Höhe im Gefolge haben, von dem man keineswegs annehmen darf, dass es in gleicher Weise in der freien Atmosphäre vorhanden sei. Man kann deshalb nur von den im Luftballon ausgeführten Untersuchungen die Entscheidung der Frage erwarten, wo man den Sitz der sogenannten Luftelektricität zu suchen habe. Liegen jedoch solche Messungen vor, dann ergiebt sich auch die Antwort unzweideutig in der allereinfachsten Weise. — Herr Th. Gross sprach über die chemische Zerlegung des Schwefels durch Elektrolyse.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Einfaches Thomson-Galvanometer für Lampen- und Fernrohrablesung, sowie für Vorlesungszwecke.

Aus dem Physikalisch-mechanischen Institut von Dr. M. Th. Edelmann in München.

Als Galvanometernadel enthält dieses Instrument die unter Fig. 1 (links oben) gezeichnete Einrichtung: Durch ein prismatisches, an beiden Enden mit Ösen *ab* versehenes Aluminiumstäbchen *A* sind vier magnetische Nähnadelstücke gesteckt; daran befestigt ist noch ein dünner Planspiegel *S* und ein dämpfender Glimmerflügel *B*.

In die beiden Ösen *ab* sind Kokonfäden eingebunden, welche am Ende eines Messingrohres *R*, Fig. 2 (rechts oben), in Ritzen (es ist nur die obere *d* sichtbar) mit dickflüssiger Schellacklösung eingekittet sind. So bilden die kurzen Kokonfäden *ab*, Fig. 2, die Drehachse der Galvanometernadel, von welcher der Spiegel *S* als Stirnende des Rohres *R* erscheint.

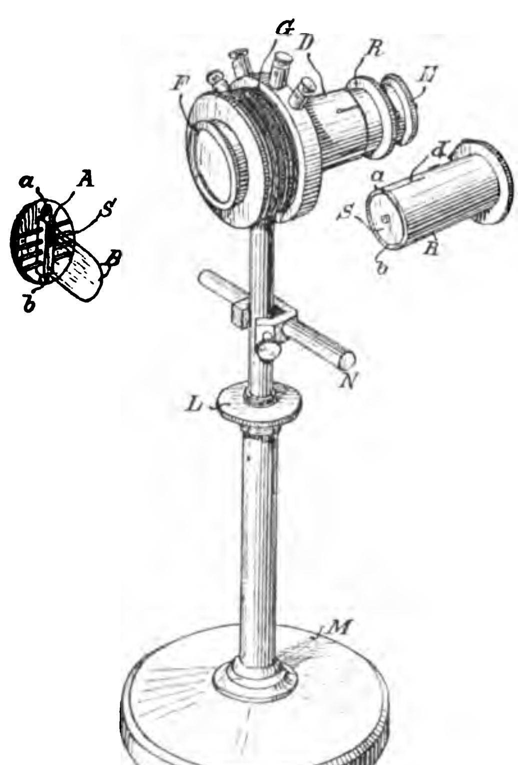


Fig. 1—3.

Fig. 3 (Mitte) stellt die perspektivische Ansicht des Galvanometers vor. Das als Bussole dienende Rohr *R* der Fig. 2 ist nunmehr in ein weiteres Rohr *D* eingeschoben uud vermittelst des Stöpsels *E* (der, weit vorgeschoben, zum Feststellen der Nadel beim Transport dient) geschlossen. Am anderen Ende des Rohres *D* sind zwischen zwei Flanschen die Galvanometerwindungen *G*, innerhalb welcher nunmehr die Nadel, Fig. 1, schwingt.

Vorn wird das Galvanometer durch eine Überschraube *F* verschlossen, hinter welche man bei Lampenablesung eine Projektionslinse oder bei Fernrohrablesung ein Planparallelglas einsetzt.

Das Ganze ist auf ein einfaches Schubstativ *L* und einen mit Blei beschwerten Fuss *M* montiert; Richtmagnet *N*.

Die Galvanometerrolle *G* ist wegen allgemeinster Verwendbarkeit als Differentialrolle mit je 20 Ohm Widerstand gewickelt; die Empfindlichkeit ist bei Hintereinanderschaltung (40 Ohm) so, dass 1 mm Ausschlag bei 1 m Skalenabstand = 0,00000001 A bedeutet, eine Empfindlichkeit, die für alle gewöhnlichen Experimental- und Vorlesungsversuche (z. B. Induktion, Nullmethoden etc.) vollkommen passt. Zur Reduktion dieser hohen Empfindlichkeit sind dem Instrumente Shunts zu 0,1, 0,01, und 0,001 beigegeben.

Correspondenz.

Bemerkungen zu der Kritik des Herrn Dr. E. Maiss über das Lehrbuch der Physik von Edmund Hoppe. (Von der Redaktion gekürzt.)

Erst heute geht mir die Kritik meines Buches im Augustheft dieser Zeitschrift zu. Ich begnüge mich zu den sachlichen Ausstellungen des Herrn Referenten Bemerkungen zu machen.

Die Kritik bezeichnet zunächst die beiden Sätze: „Die Richtung der Kraft fällt mit der Richtung der Bewegung zusammen“, und „Wenn eine Kraft keine Bewegung hervorbringt, so wirkt eine gleich grosse in entgegengesetzter Richtung“, als grundfalsch. Als Beweis giebt Herr Dr. M. den eine schiefe Ebene herabrollenden Stein und das Kräfteparallelogramm an. Sollte wirklich Herrn M. noch nie der Gedanke gekommen sein, dass eben wegen der Gültigkeit jener Sätze Newtons resp. Galileis die Zerlegung der Kräfte geschehen muss und die Componente in Richtung der schiefen Ebene die treibende Kraft ist? — Es wird in meinem Buche nicht gelehrt, dass 1. P. S. eine Arbeitseinheit sei. Freilich ist auf S. 10 hinter 75 kgm das im Manuscript stehende p. s. aus Versehen fortgeblieben. Dass das aber ein Druckfehler ist, hätte dem Kritiker aus Aufgabe 5 und 6 klar werden müssen. — Ebenso wenig behaupte ich, dass die potentielle Energie von der geometrischen Lage abhängig sei, sondern ich gebe die Definition Rankines. Dass im weiteren Verlauf der § 76 dem Herrn Kritiker gänzlich unverständlich geblieben ist, kann ich nur bedauern, aus seinen Bemerkungen scheint mir hervorzugehen, dass er Belichtungsstärke, einen, so viel ich weiss, von Magnus zuerst gebrauchten Ausdruck, meint, wo er Beleuchtungsstärke sagt. — Leider verrät der Herr Kritiker auch nicht, worin die Unpräcision der über das Spektrum gegebenen Auseinandersetzung besteht und wo etwas misverständlich wäre. — Geradezu überwältigend aber muss auf den Physiker die Behauptung des Herrn Kritikers wirken, dass die Riemannsche Definition des Potentials unpräcise sei!! Hiernach wird man allerdings nicht von dem Herrn erwarten dürfen, dass er die folgenden Sätze des § 99 versteht. — Es nimmt mich denn auch nicht wunder, dass der Herr Kritiker den bekannten Maxwellschen Satz von den Einheitskraftlinien, den er übrigens auch schon bei Faraday fast mit denselben Worten finden kann, für so dunkel hält, dass er glaubt „weder der Eingeweihte könne einen Sinn hinein interpretieren, noch ein Schüler einen herauslesen.“ — Dann hält der Herr Kritiker die Hymne: Ut queant laxis u. s. w. für überflüssig. Dieser Satz ist in meinem Buche doch wohl durch die Einklammerung schon hinreichend als nebensächlich bezeichnet. Ich habe ihn aber hinzugesetzt, weil die Bezeichnung in vielen Lehrbüchern falsch steht. — Wenn Herr M. ferner die historische Bedeutung des Wheatstoneschen Telegraphen, der bis vor ganz kurzer Zeit in England noch vielfach in Gebrauch war, würdigen will, wird er ihn wohl nicht überflüssig finden, und endlich ist, wenn der Lehrer mit seinen Schülern wirklich einmal auf den doch meist vorhandenen Morseapparaten telegraphieren will, die Angabe der Morsezeichen meines Erachtens sehr notwendig.

Der Herr Kritiker behauptet darauf: Der Satz „Neben den durch das Auge wahrgenommenen Lichtstrahlen werden auch Wellenbewegungen durch den Lichtäther übertragen, welche Wärmewirkungen und chemische Wirkungen ausüben“, stehe nicht auf der Höhe der Wissenschaft. Was die Höhe der Wissenschaft mit dem Satz zu thun hat, ist mir nicht verständlich, sollte der Herr Kritiker vielleicht statt des Wortes „neben“ das Wort „ausser“ wünschen? Die weiteren Behauptungen des Herrn Kritikers, dass ich die Combinationstöne als Resultat von Schwebungen, das Flüssigwerden eines Gases als blos vom Druck abhängig hinstellte, sind einfach nicht wahr. Davon steht in meinem Buche nichts! Dass auch die Metallplatten, durch welche der Strom in ein Elektrolyt eintritt, Elektroden genannt werden, nicht nur die Oberflächen derselben, kann der Herr Kritiker in Wiedemanns Lehre von der Elektricität u. s. w. hinlänglich nachlesen. — Herr M. erklärt endlich, dass es keinen „Phasen- oder Drehstrom“ gebe. Aber noch in einem der neuesten Hefte der *E. T. Z.* findet man Bemerkungen des Herrn v. Dolivo-Dobrowolsky über den „Drehstrom“. Und was die Bezeichnung „Zwei-, Dreiphasenstrom“ betrifft, so war ich wohl der erste, der in einem Bericht über die Frankfurter Ausstellung vorschlug, den Namen „Drehstrom“ durch „Zwei-, Drei- u. s. w. Phasenstrom“ zu ersetzen. Da die Technik diesem Vorschlage nicht allgemein gefolgt ist, so halte ich ein Schulbuch nicht für den geeigneten Ort, dergleichen einzuführen.

Im folgenden Absatz der Kritik vermisse ich die Logik. Es wird in demselben gefordert, dass nicht Begriffe zuerst angewendet, dann erst definiert werden. Aber solche Fälle führt die Kritik gar nicht an, sondern nur den, dass das Maass der Kraft später kommt als das Kräfteparallelogramm, und dass das Gesetz der Erhaltung der Energie in der Mechanik seinen Platz erhalten hat. Für das erste ist zu bemerken, dass für Maass hätte absolutes Maass von dem

Herrn Kritiker gesagt werden müssen! Für das zweite wäre es mir sehr interessant zu erfahren, wohin Herr M. denn das Gesetz von der Erhaltung der Energie nach seinen „methodischen“ oder „systematischen“ Grundsätzen stellen will! Zu dem Vorwurf, dass die Undulationstheorie nicht begründet sei, bemerke ich: Hat der Herr Kritiker den § 77 meines Buches nicht gesehen, wo die Bedeutung des Foucaultschen Versuches durchaus dargelegt ist? Ferner vermisst die Kritik eine Definition des Wesens der Elektricität. Es wäre für den Herrn Kritiker zweifellos eine sehr dankenswerte Aufgabe eine unanfechtbare, für Schüler verständliche Definition zu finden, bisher ist dieselbe noch nicht geliefert und ich war auch nicht so glücklich, diesen Stein der Weisen zu finden. Oder wünschte der Herr Kritiker etwa, dass ich Franklins oder Symmers Hypothese an die Spitze stellen sollte? Wie man aber aus dem Fehlen dieser Hypothese auf die Notwendigkeit eines dogmatischen Unterrichts kommen will, ist mir unerfindlich. Dass in demselben Sinne die unbegründeten Tadel gegen einzelne Aufgaben zu besprechen wären, wird der Leser schon selbst finden. Dass in Bezug auf die Systematik die Hauptabschnitte des Buches nur nach dem hauptsächlichsten Inhalt der Kapitel bezeichnet sind, nicht nach allen Einzelnheiten desselben, verdient meiner Meinung nach keinen Tadel, da die Paragraphen-Einteilung hinlänglich das Zusammengehörige in kleinere Gruppen zerlegt. Die Übersichtlichkeit würde durch Mehrteilung oder lange Überschriften schwerlich gewinnen.

Hamburg, 6. October 1894. *Dr. Edm. Hoppe.*

Erwiderung.

Die vorstehenden Bemerkungen zu den sachlichen Ausstellungen an dem Lehrbuch von Dr. E. Hoppe sind nicht durchweg sachlich ausgefallen. Ich könnte über dieselben mit Stillschweigen hinweggehen, wenn nicht die Rücksicht für den Fachgenossen mich bewegte, einige Misverständnisse aufzuklären.

Da habe ich erstens zu zeigen, dass ich nicht Dinge bemängelt habe, die gar nicht im Buche stehen. Auf S. 10, Z. 24 ff., ferner in Aufg. 3, 5 und 6 ist consequent die Angabe einer Arbeit in P. S. verlangt und die Gleichwertigkeit von 1 P. S. und einer gewissen Anzahl Erg ausgesprochen; ja auch weiterhin im § 55, Aufg. 5 heisst es: „es soll die Arbeit in Pferdekräften berechnet werden“. Meine Behauptung, in dem Buche seien die Grössen Arbeit und Leistung nicht auseinander gehalten, fusst also auf dem, was im Buche steht. Der „Druckfehler“ könnte, falls er zweimal (im Text und in Aufg. 3) unterlaufen sein sollte, nur die Gebrechen an diesen zwei Stellen rechtfertigen; um auch die Mängel in den Aufg. 5, 6 und § 55 wegzubringen, müssten noch weitere „Druckfehler“ entdeckt werden. — Bezüglich der potentiellen Energie eines Körpers habe ich genau angegeben, was im Buche fehlt, musste also vorher alles beachten, was im Buche steht. Rankines Werke wären übrigens geeignet gewesen, behufs Aufklärung dieses schwierigen Begriffes noch mehr zur Verfügung zu stellen. — Auch mein Urteil betreffs der Erklärung der Combinationstöne ist aus dem Wortlaute des besprochenen Lehrbuches geschöpft. S. 50, Z. 1 v. o. heisst es, „wenn die Tonhöhen wenig verschieden sind, so bilden sie (!) Schwebungen; wenn die Schwingungszahlen um mehr als 33 Schwingungen (!) differieren, so bilden sie (?) Combinationstöne.“ Der letzte Satz hat nur einen Sinn vom Standpunkte der veralteten Theorie aus, nach welcher die Combinationstöne so aus raschen Tonstössen wie die gewöhnlichen Töne aus raschen Luftstössen entstehen; er hat keinen Sinn für den, der „auf der Höhe der Wissenschaft“ d. h. hier auf dem Boden der auch die Summationstöne erklärenden Helmholtzschen Forschungsergebnisse steht. — S. 34 steht: „Umgekehrt kann in einem Raume von bestimmter Temperatur ein Körper nur bis zu einem gewissen Maximaldruck in dampfförmigem Zustande verharren.“ Nun wird bekanntlich CO_2 in einem Raume von 50° C. bei keinem Drucke flüssig; es giebt also bei dieser („bestimmten“) Temperatur einen in dem citierten Satze verlangten Maximaldruck nicht. Mit der allgemeinen Forderung dieses Maximaldruckes ist zugleich, wenn auch implicite, thatsächlich im Buche behauptet, dass das Flüssigwerden eines Gases vom Druck allein abhängt. Deshalb wurde der Satz beanstandet; dass in einer „historischen Anmerkung“ ein besserer Ausdruck für diese Thatsachen vorkommt, macht den Satz selbst nicht richtig.

Zweitens muss ich auf Stellen meiner Recension, denen die „Bemerkungen“ einen ihnen ganz fremden Sinn unterlegen, erläuternd zurückkommen. Die Kritik vermisst durchaus nicht „eine Definition des Wesens der Elektricität“; sie findet im Gegenteile, dass in dem in Rede stehenden Lehrbuche eher zu viel als zu wenig „definiert“ wird. Sie glaubt vielmehr, dass der Schüler das Recht hat, zu erfahren, was hier und was dort unter dem Worte Elektricität verstanden wird, und dass es ihm notthut, im Buche eine Anleitung zu finden, wie er „Elektricität“ und „Elektricitätsmenge“ auseinanderhalten solle; um zu verstehen, was es heisst, „ein Elektrometer misst Elektricität“, bedarf es sogar noch mehr als blos dieses Auseinanderhaltens. — In

der Recension ist auch nicht gesagt, welche Hypothese zum Zwecke einer übersichtlichen Zusammenfassung der mannigfaltigen elektrischen Erscheinungen heranzuziehen sei, und wo dieselbe hätte eingeführt werden sollen; dass keine ausdrücklich, wohl aber u. a. durch strikte Benützung der Nomenklatur die Zwei-Fluidentheorie versteckter Weise, wo man sie gerade braucht, so eingeführt erscheint, dass Niemand mehr erkennt, was Resultat der Beobachtung, was Folgerung aus der Theorie ist, macht, dass das Buch hier eine naturwissenschaftliche Denkweise zu fördern nicht geeignet ist. — Aus dem Gegensatz, welchen die Recension deutlich ausspricht, geht wohl hervor, dass nicht das Wort Drehstrom sondern das Wort „Phasenstrom" bemängelt worden ist. Dieses ist ja neu und dieses hat keinen Sinn, ausser, wenn man findet, dass es richtig ist zu sagen, „man leitet eine Phase (!) in einen Draht" (S. 114, Z. 5 v. o.).

Endlich drittens liegt es mir ob, nachzuweisen, dass auch die übrigen in den „Bemerkungen" angezweifelten Behauptungen meiner Recension wohlüberlegt und vollberechtigt waren, so dass sie durch die „Bemerkungen" nicht erschüttert werden können. Es wird wohl zunächst kein Leser dieser Zeitschrift erst nachschlagen müssen, um zu glauben, dass Riemann, Faraday und Maxwell die offenbaren Unrichtigkeiten der §§ 99 und 109 nicht verschuldet haben können: — ee'/r ist eine Arbeit, während Potential eine Grösse ganz anderer Dimension, nämlich eine Arbeit pro Ladungseinheit, ist, des Fehlers im Texte des § 99 gar nicht zu gedenken; und mehrere parallele Gerade durch einen Punkt zu ziehen, ist eine widersinnige Forderung im § 109. Man kann eben den Begriff Kraftröhre nicht ohne weiteres durch Kraftlinie ersetzen. — Dass Wiedemann nicht die Elektrodenplatten mit den Elektroden verwechselt, zeigt ein Blick in seines Werkes II. Band § 534. — Ein Spektrum ist nicht eine „Darstellung", sondern eine beleuchtete Stelle auf einem Schirm; da das genus proximum unrichtig angegeben ist, ist die Definition schlecht. Übrigens verdient, wie die „Bemerkungen" über den Wortlaut der Recension hinaus annehmen, in der That die ganze „Auseinandersetzung" über das Spektrum entschiedenen Tadel; sie ist ein Muster einer Experimentelles und Theoretisches confundierenden Darstellung. — Weder „neben" noch „ausser" den Lichtwellen werden Wärme- und aktinische Wellen „durch den Lichtäther übertragen" (§ 86). Eine nähere Belehrung über diese Sache ginge wohl über den Rahmen einer Erwiderung hinaus. — Auch handelt es sich (§ 76) nicht um die Frage: „Belichtungs- oder Beleuchtungsstärke", sondern um die Unterscheidung von Beleuchtungsstärke und Leuchtkraft. Die Recension hat ja nicht ein Lehrbuch der deutschen Sprache, sondern ein Lehrbuch der Physik zum Gegenstande gehabt. — Angesichts des Vorwurfes, die Undulationshypothese sei nicht befriedigend behandelt, verweisen die „Bemerkungen" auf § 77. Dieser Hinweis ist aber nur geeignet, den Vorwurf eines methodisch ganz verkehrten Lehrganges in dem besprochenen Lehrbuche noch zu erhärten. Ehe noch von der Thatsache der Lichtbrechung und von der Beschreibung der Erscheinung die Rede war, ohne dass selbst auch nur in der Wellenlehre die Beziehung des Brechungsverhältnisses zur Fortpflanzungsgeschwindigkeit erwähnt ist, wird dem Schüler hier zugemutet, dass er einsehe, Foucaults Versuch entscheide gegen die (ihm so wenig, wie bisher die Undulationshypothese bekannte) Emissionshypothese! — An dieser Verkehrtheit festhaltend merkt man freilich nicht warum das Arbeitsprincip nicht gleich im Anfange der Mechanik zum Princip der Erhaltung der Energie verallgemeinert werden sollte, und dass über calorische, elektrische, chemische Energie und über Transformationen solcher Energien vorher die nötigen Aufklärungen gegeben werden müssen. — Wirken an einem materiellen Punkte m zwei Kräfte von gleicher Stärke in entgegengesetzter Richtung, so bringen dieselben keine Änderung des Bewegungszustandes von m hervor. Dieser Satz ist richtig aber nicht einfach umkehrbar. Jeder Kraft schreiben wir ferner eine Richtung zu (es geschieht das z. B. auch im § 5 u. a. O.) Nun ist es aber nach § 4 denkbar, dass eine Kraft „keine Bewegung" hervorbringt. Wie kann in diesem Falle die „Richtung der Kraft mit der Richtung der Bewegung" zusammenfallen? So sind also wirklich auch diese beiden beanstandeten Sätze falsch, und die „Bemerkungen" fügen zu den Fehlern des Lehrbuches noch einen hinzu. Denn zu schliessen: Weil die Richtung der Bewegung längs der schiefen Ebene mit der Richtung der Kraft — soll heissen des bewegenden Anteils der Kraft — zusammenfällt, muss die Schwerkraft in zwei Componenten zerlegt werden, ist ja naturwissensaftlich ebenso verkehrt, wie die Art der Bewegungen frei fallender Körper aus der Constanz der Schwerkraft zu folgern, worüber in dieser Zeitschrift schon wiederholt Belehrungen zu finden waren. Dass auch diese Mängel nicht auf Galilei oder Newton zurückgeführt werden dürfen, bedarf kaum der Erwähnung.

Den sachlich nirgends stichhaltigen „Bemerkungen" gegenüber müssen wir demnach unser Urteil über das Hoppe'sche Lehrbuch aufrecht erhalten.

Wien. *Dr. Eduard Maiss.*

Zu der Mitteilung über „Gefässbarometer mit Compensation“ von E. E. Böhm im Jahrgang VII Heft 6 (S. 292) wird uns auf eine diesbezügliche Anfrage von Herrn R. Fuess bestätigt, dass solche „Gefässbarometer mit reduzierter Skala“ seit mindestens 50 Jahren bekannt und heut allgemein auf den preussischen meteorologischen Stationen im Gebrauch sind. Auch von einer Kugelform des Gefässes dürfe man kaum noch sprechen, denn solche Barometer würden wohl nur noch von wenigen Thüringer Glasbläsern angefertigt und als „Wettergläser“ bei der ländlichen Kundschaft abgesetzt. Selbst die einfachsten heut gefertigten Barometer pflegen cylindrische Gefässe zu haben.

F. A., Bremen; J. S., Raudnitz. — Die didaktische Behandlung der Brückenwage von K. Zahradniček im 6. Heft des vorigen Jahrgangs (S. 290) unterscheidet sich von den sonst üblichen durch eine eigenartige Fragestellung und schien deshalb trotz umfangreicherer Rechnung beachtenswert. An einfacheren elementaren Darstellungen fehlt es nicht, vielleicht die kürzeste und durchsichtigste findet sich im Lehrbuch der Physik von P. Reis (7. Aufl. S. 131).

Bemerkungen zu der astronomischen Tafel für 1895.

Die Karte I stellt den nach Länge und Breite eingeteilten Tierkreis mit den Fixsternen bis zur vierten Grösse dar. Die Örter der Sonne für bestimmte Tage der am unteren Rande stehenden Monate sind unmittelbar angegeben, die der Planeten und des Mondes sind aus den Karten III bis VII zu übertragen. Ausserdem enthält die Karte I eine Kurve, deren Ordinaten die Zeitgleichung in Minuten für die Sonnenlängen als Abscissen angeben. Die Karte II dient zur Vergleichung der auf die Ekliptik und der auf den Äquator bezüglichen Coordinaten eines Sterns. Ihre Brauchbarkeit wird durch folgende Tabelle erhöht, aus der zu dem halben Tagesbogen ($^1/_2\, T$) eines Gestirns für die Breite von Berlin zu entnehmen ist: die Deklination $= \delta$, die Morgen- und Abendweite $= w$ (nördlich $+$, südlich $-$), die Verfrühung des Aufgangs oder Verspätung des Untergangs durch die Refraktion $= \rho$, endlich $\Delta\,(^1/_2\, T)$ und $\Delta\, w$, d. h. die Änderungen, die $^1/_2\, T$ und w erleiden, wenn die Breite des Beobachtungsortes um 1° wächst. Von den Doppelzeichen $\pm$ bezieht sich das obere auf die in der oberen Reihe stehenden Werte von $^1/_2\, T$.

$^1/_2\, T$	$\{9^h\, 30^m$ / $2^h\, 30^m$	$9^h\, 0^m$ / $3^h\, 0^m$	$8^h\, 30^m$ / $3^h\, 30^m$	$8^h\, 0^m$ / $4^h\, 0^m$	$7^h\, 30^m$ / $4^h\, 30^m$	$7^h\, 0^m$ / $5^h\, 0^m$	$6^h\, 30^m$ / $5^h\, 30^m$	$6^h\, 0^m$
δ	$\pm$ 31°	28°	25°	21°	16°	11°	6°	0°
w	$\pm$ 59°	52°	44°	36°	28°	19°	9°	0°
ρ	7^m	6^m	5^m	5^m	4^m	4^m	4^m	4^m
$\Delta\,(^1/_2\, T)$	$\pm$ 11^m	8^m	6^m	5^m	3^m	2^m	1^m	0^m
$\Delta\, w$	$\pm$ 2°	2°	1°	1°	1°	0°	0°	0°

In den folgenden Beispielen ist Aufgangs-, Culminations- und Untergangs-Zeit mit A, C, U abgekürzt.

1. Für die Sonne am 1. Januar 1895 ergiebt sich aus Karte I und II $\alpha = 18^h\, 47^m$, $^1/_2\, T = 8^h\, 43^m$, dazu aus obiger Tabelle $\delta = 23°$, $w = -40°$, $\rho = 5^m$. Nach wahrer Sonnenzeit geht die Sonne auf um $24^h - 3^h\, 48^m = 20^h\, 17^m$ ($= A$), culminiert um 0^h ($= C$), geht unter um $3^h\, 43^m$ ($= U$). Diese Angaben werden durch Addition der Zeitgleichung ($= 4^{min}$) in mittlere Zeit verwandelt. Da aber seit dem 1. April 1893 die Uhren in Berlin um $6^m\, 25^{sec}$ vorgehen, so hat man im ganzen die obigen Zeiten um 10^{min} zu erhöhen, um *MEZ* zu erhalten. Wird noch die Refraktion beachtet, die den Aufgang um 5^{min} verfrüht, den Untergang verspätet, so wird $A = 20^h\, 22^m$, $C = 0^h\, 10^m$, $U = 8^h\, 58^m$ *MEZ*. Der Wert von α besagt, dass am 1. Januar die Sternzeit gegen mittlere Sonnenzeit um $18^h\, 47^m$ vorgeht.

2. Für Aldebaran oder das Auge des Stieres ist die Rectascension $\alpha = 4^h\, 30^m$, $^1/_2\, T = 7^h\, 30^m$, also nach der Tabelle $\delta = 16°$, $w = 28°$, $\rho = 4^{min}$. Daher ist nach Sternzeit täglich $A = \alpha - {^1/_2}\, T = 21^h\, 0_m$, $C = \alpha = 4^h\, 30^m$, $U = \alpha + {^1/_2}\, T = 12^h\, 0^m$. Man verwandelt dies für den 1. Januar in wahre Sonnenzeit, indem man $18^h\, 47^m$ abzieht (d. h. $5^h\, 13^m$ zulegt). Dazu kommt noch die Zeitgleichung

und die Reduktion auf *MEZ*, im ganzen 10^{min}. Wird auch noch die Refraktion beachtet, so ist $A = 2^h 19^m$, $C = 9^h 58^m$, $U = 17^h 27^m$ *MEZ*.

3. Mars steht am 1. Januar auf der Verbindungslinie von α in den Fischen mit β im Widder. Man findet $\alpha = 1^h 53^m$, $1/_2\, T = 7^h 6^m$; $\delta = 12°$, $w = 21°$, $\rho = 4^m$, hieraus nach Sternzeit $A = 18^h 47^m$, $C = 1^h 53^m$, $U = 8^h 59^m$, endlich unter Beachtung der Refraktion nach *MEZ*: $A = 0^h 6^m$, $C = 7^h 16^m$, $U = 14^h 22^m$.

4. Jupiter ist am 1. Januar noch rückläufig und steht nahe bei dem Stern η in den Zwillingen. Man findet $\alpha = 6^h$, $1/_2\, T = 8^h 20^m$; $\delta = 24°$, $w = 41°$, $\rho = 5^m$. Daher $A = 21^h 40^m$, $C = 6^h$, $U = 14^h 20^m$ nach Sternzeit, und, mit Beachtung der Refraktion, $A = 2^h 58^m$, $C = 11^h 23^m$, $U = 19^h 48^m$ *MEZ*.

Sucht man ebenso den Aufgang und Untergang des Mondes zu berechnen, so kann das Resultat um etwa $1/_4{}^h$ von dem wahren Werte abweichen, da sich der Mondort aus Karte VII in ungünstigen Fällen um 4° falsch ergeben kann. Denn die Karte stellt den elliptischen Mondlauf für den mittelsten siderischen Monat des Jahres dar. Die von der Jahreszeit abhängigen Störungen (Variation, jährliche Gleichung, Evection), deren Betrag auf 2° steigen kann, sind unbeachtet geblieben, um diese Mondbahn auch für die anderen Monate brauchbar zu machen. Da sich aber für Anfang und Ende des Jahres das Perigaeum um 20° verschiebt, so kann die benutzte Mittelpunktsgleichung um 2° falsch sein, und dieser Fehler kann in ungünstigen Fällen in gleichem Sinne wie der oben erwähnte wirken. Da am 6. Dezember 1894 ein siderischer Monat mit der Stellung des Mondes im Anfangspunkt der Ekliptik beginnt, so steht der Mond am 1. Januar 1895 (= 32. Dezember 1894) in dem Punkt 26, im Wassermann. Seine Länge ist 345°, die der Sonne ist 281°, folglich steht der Mond 64° links von der Sonne. Die Phase liegt zwischen Neumond und erstem Viertel. Die Breite der Sichel ist $= 1 - \cos 64°$, etwa $= 1/_2$, wenn der Radius der Mondscheibe $= 1$ gesetzt wird.

An den Bahnen der unteren Planeten lässt sich leicht nachweisen, dass die Zeit von einem Knoten zum anderen immer fast dieselbe, nämlich fast gleich der halben siderischen Umlaufszeit ist, mag der Planet rechtläufig eine grosse Bahn zurücklegen oder in schleifenförmigen Bahnen nur wenig von der Stelle rücken. Es sind folgende Conjunktionen von Planeten beachtenswert: 10. Februar Mercur, in grosser Elongation von der Sonne, und Venus, 25. März Mars und Neptun, 25. April Mars Jupiter, 18. Mai Venus Jupiter, 4. Juni Venus Mars. Ferner lässt sich der Grund für die 5 Finsternisse darin erkennen, dass Mond und Sonne nahe dem Knoten in Conjunktion oder Opposition treten. Es wird verfinstert: 10. März ☾, 25. März ☉, 20. August ☉, 3. September ☾, 18. September ☉. Nur die Mondfinsternisse sind in Berlin sichtbar.

Die Zahl der Sternbedeckungen durch den Mond ist sehr erheblich, er geht, wie schon 1894, wiederholt über die Plejaden hinweg, eine Erscheinung, die nur alle 19 Jahre wiederkehrt. Nach dem Berliner astronomischen Jahrbuch sind folgende Bedeckungen in Berlin sichtbar:

7 I Plejaden, 8 II und 1 V γ Krebs, 9 V π Skorpion, 6 VI τ Skorpion, 26 VI Regulus, 9 VII δ Steinbock, 17 VII Plejaden, 2 IX ι Wassermann, 29 IX δ Steinbock, 3 X δ Fische, 6 X ε Widder, 7 X Plejaden, 11 X κ Zwillinge, 2 XI ε Widder, 3 XI Plejaden, 10 XI ρ Löwe, 27 XI δ Fische, 7 XII Regulus, 28 XII Plejaden.

Die Curven für $1/_2\, T$ und α in Karte II bilden ein Netz, das aus kleinen Rechtecken besteht. Durchläuft man aneinanderstossende Diagonalen dieser Rechtecke immer in der Richtung von rechts unten nach links oben, was in der Mitte der Karte durch die kürzere gestrichelte Linie angedeutet ist, so nimmt längs jeder Diagonale α und $1/_2\, T$ um 30^m zu, daher bleibt die Aufgangszeit $A = \alpha - 1/_2\, T$ für die durchlaufene Curve constant, diese giebt also, in Karte I übertragen, am Fixstern-Himmel den Ort der Punkte an, die zugleich aufgehen, d. h. die Spur des Horizonts am östlichen Himmel. Die Karte II setzt uns daher in den Stand, die Lage der gerade aufgehenden Sternbilder gegen den Horizont zu bestimmen. Zieht man ebenso Linien durch das Netz, welche überall die Richtung der von links unten nach rechts oben gehenden Diagonale haben, wie z. B. die längere gestrichelte Linie in der Mitte der Karte, so deuten diese die Lage des Horizonts am westlichen Himmel zu den gerade untergehenden Sternbildern an.

Die Karte VIII zeigt in doppeltem Maassstabe, wie die unteren Planeten die Sonne zu umkreisen scheinen. Die uns näheren Teile der Bahn, auf denen die untere Conjunction stattfindet und die relative Geschwindigkeit der Planeten sehr gross ist, sind stark ausgezogen.

M. Koppe.

Himmelserscheinungen im Januar und Februar 1895.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♁ Erde, ⊙ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☌ Conjunktion, □ Quadratur, ☍ Opposition.

	Januar							Februar					
Monatstag	1	6	11	16	21	26	31	5	10	15	20	25	
Helio-	265°	279	294	310	328	349	18	41	72	103	132	157	☿
centrische	299	307	315	323	331	339	346	354	2	10	18	26	♀
Längen.	101	106	111	116	121	126	131	136	142	147	152	157	♁
	68	71	73	76	78	81	83	86	88	91	93	96	♂
	92	93	93	93	94	94	95	95	96	96	96	97	♃
	211	211	211	211	211	211	211	212	212	212	212	212	♄
Aufst. Knoten.	356°	356	355	355	355	354	354	354	354	353	353	353	☾
Mittl. Länge.	343	49	115	181	247	313	18	84	150	216	282	348	☾
Geo-	341°	38	116	186	250	316	10	76	155	220	288	346	☾
centrische	276	285	294	303	312	320	329	336	341	343	341	337	☿
Recta-	290	297	304	310	317	323	329	335	341	347	352	358	♀
scensionen.	282	287	293	298	303	309	314	319	324	329	334	338	⊙
	28	30	32	34	36	39	41	44	46	49	52	55	♂
	90	89	89	88	87	87	87	86	86	86	86	86	♃
	214	214	215	215	215	215	216	216	216	216	216	216	♄
Geo-	− 9°	+19	+26	− 4	−27	−20	+ 6	+28	+12	−20	−27	− 6	☾
centrische	−25	−24	−24	−22	−20	−17	−14	−10	− 7	− 5	− 4	− 6	☿
Dekli-	−23	−22	−21	−20	−18	−16	−14	−12	−10	− 7	− 5	− 2	♀
nationen.	−23	−23	−22	−21	−20	−19	−17	−16	−14	−13	−11	− 9	⊙
	+13	+13	+14	+15	+16	+17	+17	+18	+19	+20	+20	+21	♂
	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	♃
	−11	−11	−11	−11	−11	−11	−12	−12	−12	−12	−12	−11	♄
Aufgang.	20h13m	20.12	20.9	20.4	19.59	19.52	19.44	19.36	19.27	19.17	19.7	18.56	⊙
	23h 2m	23.45*	4.4	11.45	18.19	20.51	21.37	23.6*	6.15	13.38	18.24	19.28	☾
Untergang.	3h54m	4.0	4.7	4.15	4.24	4.33	4.42	4.51	5.1	5.11	5.20	5.29	⊙
	9h38m	16.5	21.21	22.29	24.26	4.59	11.4	17.44	20.13	21.20	0.18	6.28	☾
Zeitglchg.	+3m45s	+6.3	+8.7	+9.58	+11.31	+12.45	+13.40	+14.13	+14.26	+14.19	+13.55	+13.15	⊙

* Bezieht sich auf den vorhergehenden Tag.

Daten für die Mondbewegung (in Berliner Zeit):

Januar 3 20h 45,m8 Erstes Viertel
„ 11 13 Mond in Erdnähe
„ 10 19 43,5 Vollmond
„ 17 11 48,8 Letztes Viertel
„ 25 10 19,6 Neumond
„ 26 7 Mond in Erdferne

Februar 2 13h 9,m7 Erstes Viertel
„ 9 2 Mond in Erdnähe
„ 9 6 16,6 Vollmond
„ 16 2 2,4 Letztes Viertel
„ 22 8 Mond in Erdferne
„ 24 5 37,3 Neumond.

Constellationen. Januar: 2 13h ⊙ in Erdnähe; 5 9h ♂ ☌ ☾; 7 23h ♀ in Sonnenferne; 9 9h ♃ ☌ ☾; 9 16h ☿ in oberer Sonnen-Conjunktion, wird Abendstern; 18 8h ♄ ☌ ☾; 20 16h *α Scorpii* ☌ ☾, Bedeckung; 26 11h ☿ ☌ ☾; 26 15h ♄ □ ⊙; 26 16h ♀ ☌ ☾. — Februar: 1 2h ☿ ☌ ♀, ♀ 0° 35′ südlich von ☿; 2 18h ♂ ☌ ☾; 5 12h ♂ □ ⊙; 5 16h ♃ ☌ ☾; 9 7h ☿ in grösster östlicher Ausweichung; 10 2h ☿ ☌ ♀, ☿ 2° 39′ nördlich; 10 16h ☿ in Sonnennähe; 13 11h *α Virginis* ☌ ☾, Bedeckung; 14 17h ♄ ☌ ☾; 24 4h ☿ ☌ ☾; 24 20h ☿ untere ☌ ⊙, wird Morgenstern; 26 5h ♀ ☌ ☾.

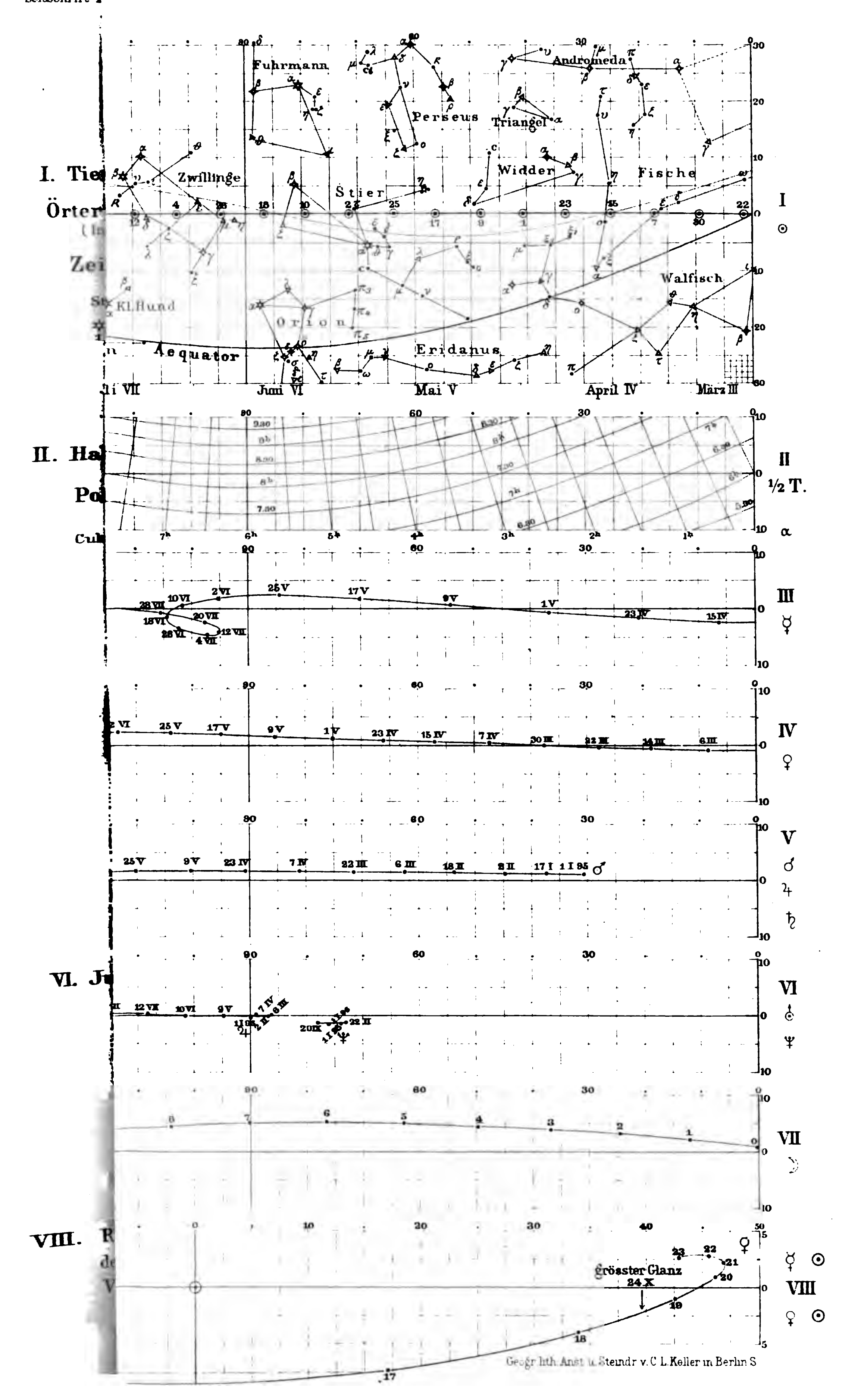
Meteore. Januar: Maximum vom 1.—3., Minimum vom 18.—24. — Februar: Maximum am 22. gut zu beobachten.

An den mondfreien Abenden beider Monate ist das **Zodiakallicht** bei ungehinderter Aussicht im Westen als eine schief nach links stehende Pyramide aufzufinden.

Veränderliche Sterne. 1) Algols-Minima Januar 9 15h (Berl. Zeit), 12 12h, 15 9h, 18 6h, 29 17h; Februar 1 13h, 4 10h, 7 7h, 21 15h, 24 12h, 27 9h. 2) *R*, β *Lyrae* gleich nach dem Dunkelwerden und auch noch in der Morgendämmerung zu beobachten; ebenso δ, μ *Cephei*, α *Cassiopeiae*; von η *Aquilae* sind vor dem Frühuntergange noch Beobachtungen in den ersten Januar-Tagen zu gewinnen; ζ *Geminorum*, ε *Aurigae*, β *Persei*, α, δ *Orionis* andauernd abends zu beobachten.

J. Plassmann, *Warendorf.*

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Otto Lange in Berlin C.



I. Tie
Örter
Zei
II. Ha
Po
Cul
VI. Ju
VIII. R
Fuhrmann
Perseus
Andromeda
Triangel
Widder
Fische
Zwillinge
Stier
Kl. Hund
Orion
Eridanus
Walfisch
Aequator
Juli VII
Juni VI
Mai V
April IV
März III
I
II
½ T.
III
IV
V
VI
VII
VIII
grösster Glanz
24 X
Geogr. lith. Anst. u. Steindr. v. C. L. Keller in Berlin S.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

VIII. Jahrgang. **Drittes Heft.** Februar 1895.

Einige nähere und fernere Ziele für die Weiterbildung des physikalischen Unterrichtes am Gymnasium.[1])

Von
Professor Dr. **Alois Höfler** in Wien.

I.

In jüngster Zeit sind vielfach Forderungen für die Reform des physikalischen Unterrichtes mit mehr oder minder treffender Begründung aufgestellt worden. Indem ich zunächst über die nächsten und mir verhältnismässig am leichtesten erreichbar scheinenden Ziele einer solchen Reform einige Worte zu sagen versuche, beschränke ich mich auf die Constatierung solcher Punkte, in welchen der nach einem möglichst erfolgreichen Unterricht strebende Lehrer sich durch bestehende Verhältnisse in seinem Bestreben geradezu gehemmt sieht.

Am augenfälligsten scheint mir immer noch der geringe Erfolg des mathematischen Teils des physikalischen Unterrichts. Es ist auch in dieser Hinsicht in den letzten Jahrzehnten erstaunlich viel geschehen — vergleichen wir nur die gefürchteten, die Schultafeln mehr als einmal füllenden „Beweise" von einst mit der Eleganz der Rechnung in Machs Lehrbuch. Dass aber in der ganzen Praxis der Schule noch nicht alles ist, wie es sein sollte, bezeugt jene starke Bewegung, die so ziemlich zuerst ihren entschiedenen Ausdruck in dem vortrefflichen Aufsatze von Pietzker über „die Beziehungen zwischen dem mathematischen und dem physikalischen Unterricht" in dieser Zeitschrift (*Februar 1890, III 105*) gefunden hat. Im Anschlusse an die dort begründeten Forderungen möchte ich teils die folgenden noch einmal besonders hervorheben, teils auf noch andere speziellere Hemmungen hinweisen, durch welche dem physikalischen Unterricht seitens des mathematischen ein rechter, voller Erfolg erschwert oder wenigstens nicht erleichtert wird.

1. Wir brauchen in der Physik nicht selten mathematische Begriffe, auf welche der systematische Mathematikunterricht entweder gar nicht oder höchstens vorübergehend zu sprechen kommt. Ich nehme als einziges Beispiel den Begriff des Krümmungshalbmessers, dessen man in der Lehre von den krummlinigen Bewegungen, von den Linsen, der Oberflächendichte elektrischer Ladungen u. s. w. bedarf. Dürften wir nun z. B. beim Schüler als bekannt voraussetzen, dass der Krümmungshalbmesser der Parabel $y^2 = 2px$ im Scheitel den Wert p hat, wie einfach und durchsichtig würde sich dann die Begründung der Formel für die centripetale Beschleunigung $b = c^2/r$ beim Kreis und allgemeiner $w = v^2/\rho$ gestalten! Für den horizontalen Wurf leiten wir aus $y = ct$ und $x = (g/2)t^2$ die Parabelgleichung $y^2 = 2(c^2/g)x$ ab. Hier ist also $p = c^2/g$ und $g = c^2/p$. Für das g oder

[1]) Nach einem auf der 66. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Wien in der Abteilung für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht gehaltenen Vortrage, unter Weglassung einzelner, auf die besondere Gelegenheit bezüglicher Ausführungen.

allgemeiner b der Kreisbewegung wird, wenn man $p = r$ setzt, sofort $b = c^2/r$. — Und wie leicht wieder wäre doch jene Beziehung $p = r$ für den Scheitel der Parabel auf Grund dessen, was wir ohnedies unseren Schülern von analytischer Geometrie beibringen, zu gewinnen! Die Subnormale ist für alle Punkte der Parabel gleich p. Im Scheitel stellt die Axe die eine Normale dar, eine unendlich benachbarte — auf diese Weise definieren wir ja den Krümmungshalbmesser — gewinnt demnach selbst die Länge der Subnormale. Oder auch: Die Scheitelgleichung des Kreises ist $y^2 = 2rx - x^2$; für verschwindende x geht sie über in die Parabelgleichung $y^2 = 2rx$, wo wieder $r = p$. — Dass erst hiermit die z. B. bei der Erklärung der Mondbewegung immer betonte Analogie zwischen kreisender und Wurfbewegung ganz zur Geltung käme, will ich hier nicht weiter betonen.

2. Ich habe mich soeben einer „Annäherung" bedient. Bekanntlich sind es diese, welche bei Schülern, die sich überhaupt etwas denken, besonders gern den Widerspruchsgeist reizen. Natürlich wäre es für den Mathematikunterricht ein Leichtes, die Schüler über die strengen Principien, nach denen solche Annäherungen [z. B. $\sin\alpha \doteq tg\alpha \doteq \alpha$; $(1+x)^2 \doteq 1 + 2x$ u. dgl. m.] vorgenommen werden, rechtzeitig zu belehren. Geschieht es aber? Detailliertere Vorschläge in dieser Hinsicht muss ich anderer Gelegenheit vorbehalten. —

3. Ein viel weiter tragendes Hindernis liegt darin, dass unsere Schüler nicht gewohnt sind, die physikalischen Formeln z. B. $s = (g/2)\,t^2$ sub specie des Funktionsbegriffes aufzufassen. Unsere so vielfach vortrefflichen Mathematikinstruktionen von 1884 hätten allerdings nur noch einen Schritt vorwärts zu thun gebraucht, um diesem Begriff in unserem Unterricht sein volles Recht zu schaffen. Wie die Dinge aber heute noch liegen, muss man eingestehen, dass eigentlich unser ganzer Mathematikunterricht am Gymnasium keine deutlich erkennbare Spitze hat. Dem Schüler wird nicht klar, warum der Lehrstoff just mit dem binomischen Satz einerseits, mit Ellipse, Parabel und Hyperbel anderseits endigt. Der Funktionsbegriff wäre eine solche Spitze. — Ich suche dem Mangel abzuhelfen, indem ich, wie ich schon bei anderer Gelegenheit mitteilte, in der VII. Classe gleich anfangs, also um die Zeit des Beginns auch des Physikunterrichtes, Vorübungen aus analytischer Geometrie vornehme, wo Gelegenheit ist, ganz einfache Beziehungen wie $y = x^2$ als Gegenstück zu $s = at^2$ im Sinne von Funktionsbeziehungen anschaulich erfassen zu lassen.

In welcher Weise liesse sich, so lange wir eine durchgreifendere Reform des mathematischen Unterrichts nicht zu erwarten haben, den erwähnten und noch mancherlei anderen Übelständen in derselben Richtung abhelfen? Das Lehrbuch der Physik könnte einen mathematischen Anhang bekommen, in welchem ganz kurze Darstellungen derjenigen Lehren und in derjenigen Form zu finden sind, wie sie der Physiker braucht, aber der Mathematiker innerhalb seines Lehrstoffs gewöhnlich nicht giebt. Es könnte dann der Mathematiklehrer ab und zu einen Blick in jenen Anhang thun und bald diesen, bald jenen Paragraphen seinem Lehrgang dort eingliedern, wo es sich eben für diesen am besten fügt. So liesse sich ein Gebrauch, der ähnlich in mehreren Lehrbüchern der höheren Physik längst geübt wurde, auch den pädagogischen Bedürfnissen der Mittelschule anpassen.

4. Schliesslich möchte ich nun aber in Sachen des Verhältnisses zwischen Mathematik und Physik noch auf einen Punkt hinweisen, an dem die Schuld zum weitaus grösseren Teil nicht die mathematische Hilfswissenschaft, sondern die Physik

selber trägt. Ich meine das sogenannte „Definieren“ physikalischer Grössen durch blosse mathematische Formeln. Geschwindigkeit „ist“ s/t, Arbeit ist $p.s$, lebendige Kraft ist $mv^2/2$ u. s. w. Nur ganz vereinzelt, deshalb aber um so dankenswerter haben sich Stimmen vernehmen lassen, welche derlei geradezu als Misbrauch bezeichnen. So Poske in der erfreulicherweise schon mehrfach citierten Stelle (d. Zeitschr. *III 161*):

> „. . . es mag daran erinnert werden, dass jeder physikalische Begriff eine anschauliche Grundlage hat; und dass der Zusammenhang mit dieser Grundlage nicht aufgehoben werden darf, wenn das volle Verständnis des Begriffs erhalten bleiben soll. So bedeutet Geschwindigkeit nicht den Quotienten s/t, der an sich völlig sinnlos ist, sondern vielmehr einen eigenartigen Zustand eines Körpers, dessen genaue Messung mit Hilfe dieses Quotienten möglich wird; so bedeutet Masse nicht p/g, sondern eine Eigenschaft, vermöge welcher ein Körper unter der Einwirkung einer bestimmten Kraft eine bestimmte Beschleunigung erfährt. Ebenso ist die anschauliche Bedeutung des Potentials eines Körpers nicht durch die Formel für das blos gedachte Arbeitsquantum gegeben, welches nötig sein würde, um die Elektricitätsmenge Eins aus dem Unendlichen bis an die Oberfläche des Körpers zu führen. Das Potential eines Körpers ist vielmehr ein Zustand, vermöge dessen allerdings in dem bezeichneten Fall jene Arbeitsgrösse aufgewendet werden müsste, welcher aber bestehen kann, ohne dass dieser Fall jemals verwirklicht wird.“

Poske tritt hiermit einem in der mathematischen Physik ganz allgemein geübten Usus entgegen und ich glaube (aus einer ganzen Reihe von Gründen, die ich ebenfalls bei späterer Gelegenheit einmal darzulegen suchen werde) mit vollstem Recht. Für jetzt nur die eine Bemerkung: Poske nennt die Geschwindigkeit einen „Zustand“ des Körpers. Fassen wir die Sache von der psychologischen Seite an, so müssen wir uns fragen: Wie entsteht aus den Vorstellungen des zurückgelegten Weges und der dazu gebrauchten Zeit die Vorstellung der Geschwindigkeit? So wie man eine Bewegung schon vollständig beschreiben kann durch eine Relation $s = f(t)$, und nicht erst ds/dt noch als eine eigene Grösse zu kennen braucht — sie ergiebt sich rechnerisch freilich sofort aus jener —, so könnten wir uns Wesen denken, die an jeder Bewegung eben nichts weiter auffassen als die zusammengehörigen Werte von s und t, in denen es also zu einer Vorstellung von Geschwindigkeit gar nicht käme. Wie kommen nun wir dazu? Ich müsste hier die verehrten Herren Fachgenossen verweisen auf eine der fruchtbarsten psychologischen Arbeiten jüngster Zeit, eine Abhandlung von Ehrenfels über „Gestaltqualitäten“[2]). Ehrenfels macht darauf aufmerksam, dass z. B. die Töne einer Melodie nicht einfach als blosse Summe schon dasjenige ausmachen, was wir eben als Melodie auffassen. Denn transponieren wir etwa das Volkslied „Muss i denn zum Städtle 'naus“ aus C-dur in Fis-dur, so kommt kein einziger der früheren Töne in der transponierten Melodie vor und doch fassen wir diese sofort als etwas der ursprünglichen höchst ähnliches auf. Ehrenfels sieht hierin mit Recht einen exakten Beweis dafür, dass die einzelnen Vorstellungen eine neue auslösen, die über eine blosse Summe der einzelnen völlig hinausgeht. So nun, meine ich, zeigt die genauere psychologische Beobachtung, dass unsere Vorstellung von Geschwindigkeit auch etwas ist, was zu den Vorstellungen von s und t erst hinzukommt. Wer das durch genaue Analyse seiner eigenen Geschwindigkeits-

---

[2]) *Vierteljahrsschrift f. wissenschaftl. Philosophie 1890. S. 249—292.*

vorstellung einmal bemerkt hat, wird sich nicht wundern, warum unseren Schülern Definitionen wie „Geschwindigkeit ist der Weg in der Zeit 1“ u. dgl. schlechterdings nicht eingehen wollen. Da wir nun aber natürlich von unseren Schülern jenen psychologischen Blick nicht verlangen werden, wie sollen wir dann den Geschwindigkeitsbegriff einführen? Ich glaube einfach so, dass wir sagen, Geschwindigkeit bedeutet in der Physik ganz genau dasselbe wie in der gewöhnlichen Sprache. Nur fügt die Wissenschaft zu jenem Begriffe noch die quantitative Bestimmung, nämlich die indirekte Messung durch Weg und Zeit hinzu. Gleiches oder Ähnliches wäre über eine grosse Zahl physikalischer Begriffe zu sagen. — —

Wohl im Hinblick auf „nahe“ scheinende Ziele wird denn auch der Ruf nach neuen Instruktionen immer häufiger, welche das durch die Instruktionen von 1892 für die unteren Klassen begonnene Reformwerk auch in den oberen Klassen zum Abschluss zu bringen hätten. Indes — auch das berühmt gewordene Wort *quieta non movere* mag auf den Zustand und die Entwicklung unserer Schulen berechtigte Anwendung finden. Und die Frage steht praktisch eigentlich nur so, welche von den Verbesserungen unseres Unterrichtes, die so ziemlich einstimmig als unaufschiebbar bezeichnet werden, werden sich auch unter Verbleiben der gegenwärtigen Instruktionen durchführen lassen? In dieser Hinsicht nun dürfen gerade wir, die Vertreter der exakten Wissenschaften, der unwiderstehlichen Energie, welche der Entwicklung unserer Wissenschaft selbst innewohnt, das stärkste Vertrauen schenken. Ein einziges Beispiel. Die derzeit noch geltenden Instruktionen enthalten den lapidaren Satz: „Der Begriff des Potentials bleibt der Hochschule vorbehalten“. Hierzu kein Wort der Begründung! Ganz ebenso habe ich selber noch in der VIII. Klasse gelernt: „die elektrische Beleuchtung wird nie praktische Verwendung finden, weil die Herstellung der Ströme zuviel kostet;“ desgleichen: „die Anwendung der Elektricität zum Betrieb von Motoren ist nur eine Spielerei, weil der Consum an Zink immer höher kommt als der von Kohle für die gleiches-leistenden Dampfmaschinen.“ Letztere Sätze sind doch wenigstens nun schon 23 Jahre alt, dagegen das Dogma „der Begriff des Potentials bleibt der Hochschule vorbehalten“ genau erst zehn Jahre. Und wir wissen heute, dass Dank der energischen Überzeugung aller mit der Wissenschaft in Fühlung stehenden Mittelschullehrer der Begriff des Potentials nicht mehr nur der Hochschule vorbehalten geblieben ist. — So haben wir denn keinen Grund, uns darüber zu beklagen, dass, auch wo die Anforderungen der Wissenschaft und der Didaktik über die Instruktionen hinausgegangen sind, letztere für das Gedeihen des Unterrichts ein wirklich unüberwindliches Hindernis seien.

Mehrmals wurden jüngst Umstellungen der einzelnen Kapitel der Physik verlangt (freilich in sehr wenig übereinstimmender Weise). Gerade in dieser Beziehung würde aber z. B. ich selbst jede Abänderung nur bedauern, indem ich die gegenwärtig vorgeschriebene Verteilung auf die beiden Jahre[3]) immer noch für die sachlich und pädagogisch glücklichste halte. Nur die Elektricitätslehre denke ich mir nicht vor Wellenbewegung, Akustik, Optik und Astronomie,

[3]) Ich teile so ab:
VII. Kl. I. Sem.: Geomechanik (mit den einschlägigen Teilen der Astronomie);
„ „ II. Sem.: Hydro- und Aëromechanik. Wärme, Chemie.
VIII. Kl. I. Sem.: Wellenlehre, Schall, Licht (mit den einschlägigen Teilen der Astronomie);
„ „ II. Sem.: Elektricität. — Wiederholung.

sondern als den Abschluss des ganzen Physikunterrichts, schon deshalb, weil in ihr das Wechselspiel der Energie in seiner grössten Mannigfaltigkeit vor das Auge des Schülers tritt. Aber eine solche Umstellung ist uns ja, da sie nur innerhalb eines und desselben Jahres zu erfolgen hat, bekanntlich erlaubt. Einzig der Astronomie müsste, wenigstens soweit sie es mit den Planetenbewegungen, Präcession u. dergl. zu thun hat, ihr richtiger Platz schon in der Mechanik der VII. Klasse erst angewiesen werden. Indes ist mir z. B. eine solche Umstellung auf motivierte Vorstellung hin schon vor langem bewilligt worden.

Also arbeiten wir nur selbst weiter an der Erreichung jener Ziele, die aus unseren Kreisen heraus als die nächsten für die Weiterbildung des physikalischen Unterrichts erkannt sind; die Unterrichtsbehörden werden unseren Bemühungen die Sanktion dann nicht versagen.[4])

II.

Indem ich mich von diesen augenblicklich dringendsten Bedürfnissen unseres Physikunterrichtes den ferneren Zielen zuwende, die er mir über den näheren nie aus den Augen verlieren zu sollen scheint, müsste ich einigermassen fürchten, Ihren Widerspruch zu erregen, wenn nicht das, was mir geradezu das letzte Ziel scheint, bereits vor 45 Jahren in dem „Entwurf der Organisation der Gymnasien und Realschulen in Österreich“ in klaren, schönen, warmen Worten ausgesprochen worden wäre. Sie mögen bei diesem festlichen Anlasse neuerdings in Erinnerung gebracht sein:

> „Als den Gegenstand, in welchem an Gymnasien gleichsam der Schwerpunkt des ganzen Unterrichts zu ruhen habe, hat man bekanntlich die klassischen Sprachen angesehen; die Durchführung jenes Gedankens wurde aber allerwärts immer schwieriger, je mehr Raum und selbständige Geltung die sogenannten Realien forderten und sich zu erobern verstanden, und sie ist gegenwärtig unmöglich. Mathematik und Naturwissenschaften lassen sich nicht ignorieren; sie gestatten auch nicht, dass man die Kraft ihres Lebens zum leeren Schatten irgend einer andern, von ihnen wesentlich verschiedenen Disziplin mache. Der vorliegende Lehrplan verschmäht in dieser Beziehung jeden falschen Schein, sein Schwerpunkt liegt nicht in der klassischen Literatur, noch in dieser zusammen mit der vaterländischen, obwohl beiden Gegenständen ungefähr die Hälfte der gesamten Unterrichtszeit zugeteilt ist, sondern in der wechselseitigen Beziehung aller Unterrichtsgegenstände aufeinander. Dieser nach allen Seiten nachzugehen, und dabei die humanistischen Elemente, welche auch in den Naturwissenschaften in reicher Fülle vorhanden sind, überall mit Sorgfalt zu benützen, scheint gegenwärtig die Aufgabe zu sein. Wenn sich hierdurch die Schwierigkeiten gesteigert haben, so giebt es keine andere Beruhigung, als welche in dem Gedanken liegt, dass sie nicht willkürlich erzeugt, sondern durch wohlbegründete Bedürfnisse der Zeit aufgenöthigt, und dass sie nicht unüberwindlich sind.“

Hier, meine Herren, haben wir eine Instruktion, wie sie gar nicht besser und eindringlicher gegeben werden könnte. Aber ist, was auf dem Papiere steht, auch schon zu vollkommener Wirklichkeit geworden? Wer die Geschichte der feineren Wandlungen kennt, die sich während der 45 Jahre formeller Giltigkeit des Organisationsentwurfes innerhalb der Lehrerwelt vollzogen haben, erinnert sich der heftigen Entzweiungen, die zwischen Humanisten und Realisten um den

---

[4]) Es folgten einige Bemerkungen über die in Österreich noch immer bestehenden „Dispensen“ in der Physik.

Anfang der siebziger Jahre ausgebrochen waren. Sie wurden dann beigelegt, und heute herrscht äusserlich zwischen Philologen und Physikern an unseren Gymnasien das denkbar angenehmste Verhältnis. Ist aber das allein schon eine Bürgschaft dafür, dass die „wechselseitige Beziehung aller Unterrichtsgegenstände auf einander, die sorgfältige Benutzung der humanistischen Elemente, welche auch in den Naturwissenschaften in reicher Fülle vorhanden sind“, schon überall von dem Papier in das wirkliche Leben unserer Schule übergegangen sind? Einzelne schüchterne Versuche der sogenannten Concentration des Unterrichtes, etwa indem man für einen physikalischen Ausdruck seine griechische Etymologie angiebt oder bei der Geschichte von der Zerstörung von Syrakus das archimedische Prinzip citiert, können doch füglich nicht gemeint sein, wenn jene Beziehungen die Grundidee unseres ganzen Gymnasiums abgeben sollen. Suche ich aber jene Worte in einem wahrhaft bedeutungsvollen Sinn zu verstehen, so scheint mir nicht nur das dort gezeichnete Ideal noch keineswegs erreicht, sondern ich glaube, dass auch — um hier mein Thema auf einen einzigen, aber entscheidenden Punkt einzuschränken — auch dasjenige noch nicht für die Schule nutzbar gemacht ist, was uns gerade die neueste Entwicklungsphase unserer physikalischen Wissenschaft als das wirksamste Mittel an die Hand giebt. Ich meine hier den Gegensatz zwischen den mechanischen Theorieen, wie sie noch die jüngste Vergangenheit der theoretischen Physik in allen Kapiteln namentlich auch Wärme und Optik gepflegt hatte, und jenem neuesten Verweilen bei den eigentlichen Phänomenen und ihren Analogieen, wie diesen Gegensatz BOLTZMANN in seinem kurzen, aber höchst inhaltsreichen Berichte „Über die Methoden der theoretischen Physik“ [5]) vor zwei Jahren charakterisiert hat. Schon vor mehr als zehn Jahren hatte MACH wiederholt betont, dass die Vorstellungen der kinetischen Gastheorie, der Undulationstheorie u. s. w. nur Hilfsvorstellungen seien, die man gegenüber den Thatsachen selbst nicht allzu ernst nehmen dürfe. STEFAN hatte in seinen Vorlesungen anfangs der siebziger Jahre und also wohl auch schon früher immer eindringlichst darauf hingewiesen, dass zwar das mechanische Wärmeäquivalent eine Thatsache, dagegen die kinetische Gastheorie und also überhaupt die Molekularmechanik nur eine Hypothese sei. Und merkwürdig — im Mittelschulunterricht nehmen die Dinge so zu sagen den entgegengesetzten Verlauf. Wie vor fünfzig Jahren, wenn es damals schon einen eigentlichen Physikunterricht an Mittelschulen gegeben hätte, kaum schon Jemand von Undulationstheorie des Lichtes geredet hätte, seither aber regelmässig schon im § 2 der Optik — und das in Lehrbüchern für die obere wie sogar für die untere Stufe — von Undulationstheorie die Rede ist, so hat man vor zwanzig Jahren noch kaum etwas von einer mechanischen Wärmetheorie in unseren Lehrbüchern gefunden: — heute aber glaubt Mancher die kinetische Gastheorie vor dem Thermometer lehren zu sollen. Die Wissenschaft der vergangenen Jahrzehnte war geladen mit kinetischen Theorieen über Molekül-, Atom-, Ätherteilchenbewegung u. s. w. Die Erfolge dieser Hilfsvorstellungen waren so glänzend, dass endlich auch die Schule nicht umhin konnte, etwas von dieser Ladung in sich aufzunehmen. Aber statt dass dies mit weisem Maasse geschehen wäre in der Form einer mechanischen Erklärung der verschiedenen Phänomenengruppen auf Grund unparteiischer Beschreibung, d. h. nachdem diese unbefan-

[5]) *Katalog mathematischer und mathematisch-physikalischer Modelle, Apparate und Instrumente, im Auftrage der deutschen Mathematikervereinigung herausgegeben von Walther Dyck. München 1892, XVI, 430. gr. 8. S. 89—98.* — Vgl. diese Zeitschrift *VII 302.*

gen, sowie sie sich den Sinnen und den empirischen Messungen darstellen, vor und mit den Schülern als reine Thatsachen verarbeitet worden waren, glaubte man des Guten recht viel zu thun, wenn man diese Theorieen an die Spitze stellte und, so weit es wohl oder übel gehen wollte, aus den Theorieen die Thatsachen deducierte. Bei einem solchen Überladen unserer harmlosen Septimaner mit Theorieen, die in der Wissenschaft jedesmal erst spät und, wie wir jetzt von berufenster Seite hören, keineswegs endgiltige Stationen des Forschungsganges bilden — bei einem solchen Überladen kann ein Rückschlag nicht ausbleiben. Oder muss vielleicht dem Oscillieren der Standpunkte in der Wissenschaft auch ein ähnliches Hin und Her in der Schule folgen? Vielleicht. — Genug, dass die neueste Phase der Wissenschaft, wie sie uns von Mach, Boltzmann und, wie ich alsbald mitzuteilen haben werde, von Helmholtz verkündet wird, das der Schule Gemässere, ja das ihrem Prinzip der Anschauung und der Induktion einzig Gemässe ist.

Lassen sie mich, um dies auszuführen, ein noch tiefer gehendes Geständnis anschliessen, durch das wir, wie mir scheinen will, zu dem eigentlichen Kern jenes schönen Gedankens unseres Organisations-Entwurfes von den humanistischen Elementen der Naturwissenschaften vordringen könnten. Es war im vergangenen Sommer, dass ich, nachdem ich Tage und Wochen mit dem Ausprobieren von physikalischen Apparaten zugebracht hatte, einer Aufführung des König Ödipus in unserem Burgtheater beiwohnte. Ich wusste, dass die Schüler unserer achten Klasse, die ich meinerseits in Mathematik, Physik und Psychologie unterrichtete, an eben jenem Tage die Sophokleische Tragödie zu Ende gelesen hatten und mit mir zugleich im Theater waren. Da fiel mir plötzlich, als ich eben noch den Eindruck der unvergänglichen Schönheiten jener Schöpfung in mir erneuerte, der Gedanke aufs Herz, wie sich denn das zu den Luftpumpen und der Tangentenbussole verhalte, die ich eine Stunde vorher in Händen gehabt hatte. Es fiel mir ein Wort Richard Wagners ein: „Die Physik ist eine Wisenschaft, gegen die sich nichts sagen lässt, die aber auch uns nichts zu sagen hat.“ Und weiter fragte ich mich, was unseren Schülern, wenn sie viele Stunden hindurch Homerischen, Sophokleischen Geist in sich aufgenommen haben, die wenigen Stunden physikalischen Unterrichtes im günstigsten Falle sein können — oder wieder ganz auf den Boden der Interessen eben dieses physikalischen Unterrichtes mich stellend: inwieweit sich unsere Schüler durch den gesamten übrigen Gymnasialunterricht formell vorgebildet zeigen, aus dem physikalischen Unterrichte denjenigen Gewinn zu ziehen, den jene Worte des Organisationsentwurfs als den des Gymnasiums eigentlich würdigen aufgestellt hatten. Die Antwort auf derlei Fragen, die sich wohl jedem von uns nur zu oft in leidigen persönlichen Erfahrungen aufdrängen, lautet schwerlich sehr ermutigend. Eine solche Erfahrung zwingt uns ja zu dem schon öfter abgelegten Geständnis, dass unsere Schüler in den zwei obersten Jahrgängen des Gymnasiums ganz auffallend weniger Freude am physikalischen Unterrichte zeigen als in den unteren Klassen, dass sie ihn keineswegs nur in demselben Maasse, als er wirklich schwieriger ist als dort, geradezu als Last, nicht mehr als Förderung empfinden.

Einer der Hauptgründe hierfür scheint mir dieser zu sein, dass innerhalb eines Gedankenkreises, der mindestens zu zwei Dritteln durch Bildungswerte wesentlich litterarischen Charakters ausgefüllt ist, für das im schärfsten Sinn des Wortes exakte Denken in physikalischen Begriffsgebilden und Theorieen eben kein wohl vorbereiteter Boden vorhanden ist. Die Unterscheidung, deren ich mich

hier bediente, ist den Franzosen geläufig, indem sie *les sciences* und *les lettres* in ihrem ganzen Bildungssysteme scharf auseinander halten. Wie kann nun aber die Physik — da auf eine Vermehrung ihres Stundenausmaasses für gar keine absehbare Zeit zu rechnen ist (wie denn auch meine tiefe, hier nicht näher zu begründende Überzeugung dahin geht, dass auch für alle Zukunft jene zwei Drittel künstlerisch-litterarischer Bildungsstoffe nicht zu hoch gegriffen sind, wo es harmonische Durchbildung des ganzen Menschen gilt) ihr Ziel mit jenem „humanistischen" in Einklang bringen? Ich weiss, wenn die Antwort schon einmal in Einem Wort gegeben werden soll, nichts überzeugenderes zu nennen als den Namen des Dichters, der „der Natur" näher gestanden als vielleicht je ein Mensch: Goethe.

Es möchte wie ein übermütiges Paradoxon erscheinen, diesen Namen in diesem Kreise zu nennen, wenn wir nicht einen der „exactesten" Forscher aller Zeiten, Helmholtz, bei zwei Anlässen von Goethes Naturlehre mit Begeisterung hätten sprechen hören: Es war der bekannte Vortrag über „Goethes naturwissenschaftliche Arbeiten", der, 1853 zu Königsberg gehalten, die Sammlung der „Vorträge und Reden" eröffnet, und wieder die Rede über „Goethes Vorahnungen kommender naturwissenschaftlicher Ideen", gehalten in der Goethe-Gesellschaft zu Weimar 1892. Ich greife aus der letzteren Kundgebung einige Stellen heraus, welche zugleich selbst ein machtvolles Zeugnis enthalten für jene Wandlung der theoretischen Physik, von der ich früher sprach, für das Zurückkehren von den mechanistischen Theorieen zu den physikalischen Phänomenen selber. Nachdem Helmholtz neuerdings durch eine Betrachtung, welche auf die psychologischen Elementargesetze zurückgeht, begreiflich zu machen gesucht hat, wie gerade die jederzeit auf das Typische gerichtete Intuition des Künstlers dazu berufen war, auf dem Gebiete der stetigen Entwickelung organischer Gebilde den wissenschaftlichen Anatomen und Zoologen seiner Zeit in der Vorahnung kommender, heute fast ausschliesslich nach Darwin genannter wissenschaftlicher Entdeckungen voranzueilen, wendet er sich zur Farbenlehre des Dichters, die gewöhnlich nur als Beweis für die mangelnde Befähigung Goethes zu exact-physikalischem Denken überhaupt angeführt zu werden pflegt: es liege „ein höchst bedeutsamer Kern neuer Einsicht auch in diesem verunglückten Bestreben des Dichters." Dieses Eintreten des grössten Physikers und Physiologen unserer Zeit, dessen grösstes Werk, die physiologische Optik, wieder gerade jenem Thema Goethes gewidmet ist, scheint mir so bedeutsam und beherzigenswert, dass ich mir erlaube, an dieser Stelle die entscheidenden Sätze aus den Darlegungen Helmholtz' wörtlich anzuführen. Helmholtz sagt von Goethe:

> „Er erklärt es für seine feste Überzeugung, dass man in jedem Zweige der Physik ein ‚Urphänomen' zu suchen habe, um darauf alle übrige Mannigfaltigkeit der Erscheinungen zurückzuleiten. Der Gegensatz, der ihn abstösst, ist gegen die Abstraktionen anschauungsleerer Begriffe gerichtet, mit denen die theoretische Physik damals zu rechnen gewohnt war. Materien — ihrem reinen Begriff nach ohne Kräfte, also auch ohne Eigenschaften —, und doch wieder in jedem speciellen Beispiele Träger von ihnen einwohnenden Kräften. Mit solchen übersinnlichen, unausdenkbaren Abstraktionen wollte er nichts zu thun haben, und man muss zugeben, dass sein Widerspruch nicht unberechtigt war, und dass diese Abstraktionen, wenn sie auch von den grossen theoretischen Physikern des 17. und 18. Jahrhunderts durchaus widerspruchslos und sinngemäss gebraucht wurden, doch den Keim zu den wüstesten Misverständnissen enthielten. In dieser Beziehung aber hat gegenwärtig die Physik schon ganz die Wege ein-

geschlagen, auf die Goethe sie führen wollte. Der unmittelbare, historische Zusammenhang mit dem von ihm ausgegangenen Anstosse ist leider durch seine unrichtige Interpretation des von ihm gewählten Beispiels und die darauffolgende erbitterte Polemik gegen die Physiker unterbrochen worden. Die mathematische Physik empfing den Anstoss zu dem besprochenen Fortschritt ohne erkennbaren Einfluss von Goethe hauptsächlich durch Faraday, der ein ungelehrter Autodidakt war und wie Goethe ein Feind der abstrakten Begriffe, mit denen er nicht umzugehen wusste. Seine ganze Auffassung der Physik beruhte auf Anschauung der Phänomene, und auch er suchte aus den Erklärungen derselben alles fern zu halten, was nicht unmittelbarer Ausdruck beobachteter Thatsachen war. Vielleicht hing Faradays wunderbare Spürkraft in der Auffindung neuer Phänomene mit dieser Unbefangenheit und Freiheit von theoretischen Vorurteilen der bisherigen Wissenschaft zusammen. Jedenfalls war die Zahl und Wichtigkeit seiner Entdeckungen wohl geeignet, auch andere, zunächst die fähigsten unter seinen Landsleuten, in dieselbe Bahn zu lenken; bald folgten auch deutsche Forscher derselben Richtung. G. Kirchhoff beginnt sein Lehrbuch der Mechanik mit der Erklärung: Die Aufgabe der Mechanik ist: ‚Die in der Natur vor sich gehenden Bewegungen vollständig und auf die einfachste Weise zu beschreiben.‘ Was Kirchhoff hier unter der ‚einfachsten Weise‘ der Beschreibung versteht, dürfte meines Erachtens nicht weit von dem Goetheschen Urphänomen abliegen.“

Der gefeierte Forscher, dem wir diese Darlegung verdanken, stand auch den Interessen des naturwissenschaftlichen Unterrichts nicht fern, wie seine überaus lebhafte und fruchtbare Teilnahme an den 1890 von Kaiser Wilhelm II. in Berlin eingeleiteten Verhandlungen über Fragen des höheren Unterrichtes bezeugt — halten wir nur dieses sein Anknüpfen der letzten Ziele physikalischer Forschung an Goethes Namen als ein Vermächtnis auch für die Schule fest, so dürfen wir kühn behaupten, es werde die nächste Phase der Entwicklung der Naturlehre an unseren höheren Schulen nach den so gestellten Zielen hin gerichtet sein. Wie in der Elektricitätslehre Faradays Ideen auch unseren Unterricht wie im Sturme erobern, haben wir ja binnen weniger Jahre erlebt; so lassen wir z. B. schon auf der Unterstufe in den hübschen magnetischen Kraftlinien den Knaben sich an der anschaulichen, ja geradezu sichtbar gewordenen Constitution des magnetischen Kraftfeldes nach Faradayscher Vorstellungsweise ergötzen.

Aber noch viel einfachere, schlichtere und doch zugleich noch unvergleichlich weiter tragende Dinge sind es, die mir vorschweben, wenn ich von einem Eindringen Goetheschen Geistes in die Naturlehre unserer Schulen spreche. Damit wir nach den Worten von Goethes grossem Apologeten Helmholtz nun auch den Meister selbst vernehmen, bitte ich Sie, sich des Berichtes aus „Dichtung und Wahrheit“ über den Eindruck zu erinnern, den auf Goethe und seine Genossen in der Strassburger Zeit „*Le système de la nature*“ gemacht hat:

„System der Natur wird angekündigt, und wir hofften also wirklich etwas von der Natur, unserer Abgöttin, zu erfahren. Physik und Chemie, Himmels- und Erdbeschreibung, Naturgeschichte und Anatomie, und so manches andere hatte nun seit Jahren und bis auf den letzten Tag uns immer auf die geschmückte grosse Welt hingewiesen, und wir hätten gern von Sonnen und Sternen, von Planeten und Monden, von Bergen, Thälern, Flüssen und Meeren, und von allem, was darin lebt und webt, das Nähere, sowie das Allgemeinere erfahren. Dass hierbei wohl manches vorkommen müsste, was dem gemeinen Menschen als schädlich, der Geistlichkeit als gefährlich, dem Staat als unzulässig erscheinen möchte, daran hatten wir keinen Zweifel, und wir hofften, dieses Büchlein sollte nicht unwürdig

die Feuerprobe bestanden haben. Allein wie hohl und leer ward uns in dieser tristen, atheistischen Halbnacht zumuthe, in welcher die Erde mit allen ihren Gebilden, der Himmel mit allen seinen Gestirnen verschwand! Eine Materie sollte sein von Ewigkeit, und von Ewigkeit her bewegt, und sollte nun mit dieser Bewegung rechts und links und nach allen Seiten, ohne weiteres, die unendlichen Phänomene des Daseins hervorbringen. Dies alles wären wir sogar zufrieden gewesen, wenn der Verfasser wirklich aus seiner bewegten Materie die Welt vor unseren Augen aufgebaut hätte. Aber er mochte von der Natur so wenig wissen, als wir: denn indem er einige allgemeine Begriffe hingepfahlt, verlässt er sie sogleich, um dasjenige, was höher als die Natur, oder als höhere Natur in der Natur erscheint, zur materiellen, schweren, zwar bewegten, aber doch richtungs- und gestaltlosen Natur zu verwandeln, und glaubt dadurch recht viel gewonnen zu haben. — Wenn uns jedoch dieses Buch einigen Schaden gebracht hat, so war es der, dass wir aller Philosophie, besonders aber der Metaphysik, recht herzlich gram wurden und blieben, dagegen aber auf's lebendige Wissen, Erfahren, Thun und Dichten uns nur desto lebhafter und leidenschaftlicher hinwarfen."

„Die geschmückte grosse Welt!" — dürfen wir sagen, dass unser naturwissenschaftlicher Unterricht unsere Schüler mit dem frohen Bewusstsein aus der Schule entlasse, „von Sonnen und Sternen, von Planeten und Monden, von Bergen, Thälern, Flüssen und Meeren, und von allem, was darin lebt und webt, das Nähere, sowie das Allgemeinere erfahren" zu haben? — Auf einem sehr kleinen, eng begrenzten Gebiet hat unsere Unterrichtsverwaltung jetzt vor zwei Jahren einen Schritt nach dieser Richtung vorwärts gethan, indem sie auf die Erscheinungen hinwies, „die sich spontan in der Natur abspielen". Das gilt bisher nur für die unteren Klassen. Werden wir in den oberen mit oder ohne Instruktionen es dahin bringen, dass unsere Schüler, auch wenn wir zu Kreide und Schwamm greifen müssen, unsere mathematischen Entwicklungen noch als einen Zug zur Vervollständigung, Vertiefung, ja Belebung jenes Bildes von der „geschmückten grossen Welt" erkennen? Darf man Goethes Naturlehre einen Mangel vorwerfen, so ist es der, dass er das Bedürfnis nicht empfand, das Quantitative der Erscheinungen mit eben solcher Anschaulichkeit zu erfassen, wie sonst sein Auge jeder Mannigfaltigkeit des Erschaubaren liebevoll gefolgt ist. Ich vermag mich nicht davon zu überzeugen, dass es Goethe durch eine notwendige Beschränkung seiner Natur und nicht vielmehr durch zufällige Mängel seines Bildungsganges, nämlich vor allem eben schon durch jene abstrakte Manier der theoretischen Physik seiner Zeit, versagt war, mit einem Blick seines geistigen Auges[6]) etwa diejenigen Unterschiede einer parabolischen und einer hyperbolischen Kometenbahn zu erfassen und sich ihrer zu freuen, die wir bemüht sind durch einen freilich mühsamen analytischen Apparat schon unsere siebzehnjährigen Schüler erschauen zu lassen? Wenn wir diese die Schwierigkeiten solcher Aufgaben mit einem im ganzen so guten Erfolg bewältigen sehen, warum sollten wir verzagen, ihnen auch die Schönheiten des Gegenstandes voll zu erschliessen? Wenn ich der Pflege des Beschreibens der Phänomene (z. B. dem Beginnen der Mechanik mit blosser Phoronomie statt mit abstrakten Kraftdefinitionen u. dergl.) das Wort rede,

[6]) Sollten nicht die geheimnisvollen Symbole der wunderherrlichen Gestalt Makariens (Wanderjahre, erstes Buch, zehntes Kapitel und drittes Buch, fünfzehntes Kapitel) als eine Ahnung des Dichters vom tiefsten Wesen mathematischer Anschauung gedeutet werden dürfen? Etwa wie ja auch Musik seinem Ohre versagt schien, und doch der Schluss des zweiten Faust vom Geiste erhabenster Musik getragen ist.

so will ich gewiss nicht auf alles dasjenige Interesse verzichtet wissen, das erst mit dem Erklären der Erscheinungen seine volle Befriedigung findet. Aber lassen wir uns es gesagt sein: Wer Erklärungen, z. B. das Kopernicanische Weltsystem vorbringt, ehe die Thatsachen selbst, die sogenannten scheinbaren Bewegungen von Sonne, Mond und Planeten, bekannt sind, der betrügt sich und die von ihm Unterwiesenen um die eine wie um die andere intellektuelle Freude, um die Freude am Phänomen wie um die an der Theorie. Lassen wir uns denn auch in solchen letzten höchsten Prinzipien immer wieder vor allem durch unsere Wissenschaft selbst die Wege weisen, halten wir das Auge offen für die Beziehungen, die sich zwischen der weiterschreitenden Wissenschaft und uralten Gütern der Menschheit um so kräftiger knüpfen, je weiter jener Fortschritt vordringt; glauben wir an „die humanistischen Aufgaben des physikalischen Unterrichts" und richten wir des „Tages Arbeit" so ein, dass sie immer nach solchen denkbarst hoch gestellten Zielen strebt, so dürfen wir, das Wort des „Humanisten" paraphrasierend, von unserem physikalischen Unterrichte sagen: „Es ist eine Lust zu lehren".

Die van't Hoffsche Theorie der Lösungen.

Von

Dr. **Robert Lüpke** in Berlin.

Gleichzeitig mit der Arrheniusschen Theorie der elektrolytischen Dissociation und in innigem Zusammenhang mit derselben ist in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrzehnts die van't Hoffsche Theorie der Lösungen entstanden. Diese ist zunächst insofern von Bedeutung, als sie sich als wesentliche Stütze für jene Theorie erwiesen und daher auch, wie im nächsten Aufsatz gezeigt werden soll, zu einer befriedigenden Theorie der Entstehung des elektrischen Stromes in den galvanischen Elementen erheblich beigetragen hat. Indessen hat sie ein noch weit allgemeineres Interesse, da sie einerseits eine grosse Reihe von Vorgängen, die eine Beziehung zu einander bisher nicht erkennen liessen, theoretisch verknüpft und andererseits zur Einführung äusserst wertvoller Methoden der Molekulargewichtsbestimmung in die Laboratoriumspraxis die Wege geebnet hat. Während der kurzen Zeit ihres Bestehens hat also diese Theorie bereits so reichliche Erfolge erzielt, wie kaum eine andere, und es ist zu erwarten, dass sie in Zukunft noch Grösseres leistet, weil sie bei der Erforschung aller derjenigen Vorgänge, bei denen Lösungen in Betracht kommen, den Physikochemikern als Leitstern dienen wird. Aus diesem Grunde dürfte es berechtigt sein, die van't Hoffsche Theorie auch im Unterricht, wenngleich in aller Kürze, zu berücksichtigen, um so mehr, als zum Verständnis derselben durch die Erläuterung der Avogadroschen Regel genügend vorgearbeitet ist.

Im Folgenden soll im Anschluss an die Resultate solcher Experimente, die nach meinem Erachten keine Schwierigkeiten bieten, das Wesentlichste der van't Hoffschen Theorie der Lösungen zusammengestellt werden.

I. Der osmotische Druck.

Falls ein Körper auf eine Flüssigkeit, in welcher er löslich ist, chemisch nicht reagiert, ist der Vorgang der Lösung rein physikalischer Natur, und daher die Lösung selbst ein molekulares Gemenge. Je nach dem Aggregatzustand des zu lösenden Körpers sind die Änderungen der Volum- und Wärmeenergie, die

den Lösungsprozess begleiten, positiv oder negativ, und sie verlaufen in der Regel auch dann noch in demselben Sinne, wenn einer concentrierten Lösung weitere Mengen des Lösungsmittels hinzugefügt werden. Hat endlich die Verdünnung eine bestimmte Grenze erreicht, so sind jene Energieänderungen nicht mehr merkbar. Es ist dann das Volumen der gelösten Substanz gering gegenüber demjenigen des Lösungsmittels. Für die folgenden Betrachtungen handelt es sich wesentlich nur um Lösungen, deren Concentrationen sich jenem Grenzfall nähern.

Schichtet man vorsichtig vermittelst einer an einem Glasstab befestigten Korkscheibe über die concentriertere Lösung eines gefärbten Salzes, z. B. über eine wässrige Lösung von Kaliumbichromat oder Kupfersulfat, eine verdünntere Lösung desselben Körpers, so beobachtet man, dass die Concentration der letzteren allmählich wächst, während die der ersteren abnimmt. Es diffundieren die Molekeln des gelösten Stoffes von Orten höherer nach solchen niedrigerer Concentration, bis die Flüssigkeit in allen Teilen gleichartig geworden ist. Die Kraft, durch welche die Diffusion vor sich geht, entspricht dem Gasdruck, der die Molekeln eines Gasvolumens zwingt, einen grösseren Raum einzunehmen, wenn ihnen Gelegenheit hierzu geboten wird.

Dass ein solcher Druck während des Diffusionsprozesses thatsächlich besteht, lässt sich zunächst durch einen Versuch darthun, den man im botanischen Unterricht auszuführen pflegt, um den Turgor einer Pflanzenzelle zu demonstrieren. Einen etwa 100 cm^3 grossen Cylinder fülle man bis zum Rand mit einer concentrierten, sirupartigen Zuckerlösung und verschliesse ihn luftdicht mit einer tierischen Membran. Wird er nun aufrecht in ein Wasser enthaltendes Gefäss gesenkt, so wölbt sich die Membran in Form einer Kalotte empor, die nach einigen Stunden eine Höhe von 2 bis 3 cm erlangt. Offenbar beruht diese Erscheinung darauf, dass die Zuckermolekeln das Bestreben haben, in das Wasser ausserhalb des Cylinders zu diffundieren. Hieran werden sie aber durch die Membran gehindert; sie spannen daher die letztere, während Wasser in den infolge dieser Spannung entstehenden Raum der Cylinderzelle eindringt. Jene Spannung der Membran ist eine ganz bedeutende, wie man sogleich erkennt, wenn man den Cylinder aus dem Wasser hebt und die Membran mittelst einer feinen Nähnadel durchbohrt.

Den an diesem Versuch zu beobachtenden Vorgang hat man Osmose und die Kraft, mit welcher die Molekeln des gelösten Körpers gegen die Membran drücken, den osmotischen Druck genannt. Derselbe erweist sich um so stärker, je concentrierter die Lösung ist. Um aber den genaueren Zusammenhang zwischen dem osmotischen Druck und der Concentration zu erkennen, müsste die Membran vollkommen semipermeabel, d. h. nur durchlässig für die Molekeln des Lösungsmittels, nicht aber für die der gelösten Substanz sein. Diese Bedingung wird von einer tierischen Haut nicht ganz erfüllt, denn kocht man eine kleine Menge jenes Wassers, in welchem sich die beim vorigen Versuch benutzte cylindrische Zelle mehrere Stunden befand, mit einer Spur verdünnter Schwefelsäure und fügt sie zu einem Überschuss einer erwärmten Fehlingschen Lösung (10 g Kupfertartrat + 500 g Wasser + 400 g reines Ätznatron), so entsteht ein roter Niederschlag von Kupferoxydul, durch welchen die Anwesenheit von Zucker constatiert wird. Vollkommen semipermeable Membranen sind aber thatsächlich bekannt, wenn auch in geringer Anzahl.

Legt man die Oberhautzellen von der Unterseite des Mittelnerven der Blätter von Tradescantia discolor in 10 procentige Salpeterlösung, so beobachtet man mit Hilfe des Mikroskops, dass sich der Plasmaschlauch von der Zellwand loslöst. Der Plasmainhalt der Zellen contrahiert sich, während die Salzlösung den Raum zwischen Zellwand und Plasma ausfüllt. H. de Vries, welcher 1884 die Osmose an Pflanzenzellen studierte, hat diese Erscheinung Plasmolyse genannt. Als semipermeable Membran fungiert hier das zarte Häutchen, welches die Plasmamasse einer Zelle umgiebt. Dasselbe lässt aus dem Inhalt der Zelle Wasser eben dann hindurch, wenn die Concentration der Salzlösung um ein Minimum grösser ist als diejenige des Zellsaftes. Indem nun de Vries diejenigen Concentrationen der wässrigen Lösungen verschiedener Körper ermittelte, die den plasmolytischen Zustand jener Pflanzenzellen eben noch hervorriefen, fand er, dass jene Lösungen äquimolekular waren, d. h. dass sie die gelösten Körper in solchen Mengen enthielten, die im Verhältnis der Molekulargewichte derselben standen. Äquimolekulare Lösungen zeigen daher gleichen osmotischen Druck, sie sind isotonisch. Die Grösse des osmotischen Druckes ist somit nur durch die Anzahl der gelösten Molekeln bedingt.

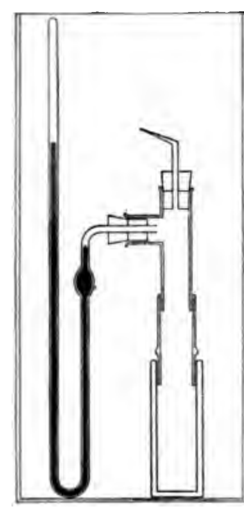
So wichtig dieses Ergebnis auch ist, so gestattet doch das plasmolytische Verfahren nicht, den osmotischen Druck einer Lösung von bestimmter Concentration direkt zu messen. Hierzu sind Apparate erforderlich, deren wichtigster Teil eine künstlich hergestellte semipermeable Membran ist. In betreff der Mittel, letztere zu erzeugen, ist man bisher sehr beschränkt gewesen, da man nur wenige geeignete Stoffe hat auffinden können, und die aus ihnen gewonnenen Membranen die gewünschte Eigenschaft nur gegen eine geringe Anzahl gelöster Substanzen gezeigt haben. Trotz dieser Schwierigkeiten haben doch die mittels künstlicher Membranen ausgeführten osmotischen Untersuchungen unsere Kenntnisse ganz erheblich erweitert.

Die ersten Versuche rühren von Traube her (*Archiv für Anatomie und Physiologie 1867, S. 87*). Einer derselben sei hier mitgeteilt. Man bereite sich eine Mischung von 5 cm^3 einer 2,8 procentigen Kupferacetatlösung und 0,5 cm^3 einer 10 procentigen Bariumchloridlösung, fülle durch Ansaugen eine etwa 5 mm weite Glasröhre mit jener Mischung teilweise an und verschliesse sie oben mittels eines Gummischlauchs und Quetschhahnes. Alsdann senke man sie, bis die Niveaus gleich sind, in ein Gefäss ein, in welchem sich eine 2,4 procentige, mit jener Kupferacetatlösung äquimolekulare Kaliumferrocyanidlösung befindet. An der unteren Öffnung der Röhre bildet sich sehr bald der gallertartige Niederschlag von Kupferferrocyanid, der wie eine Haut jene Öffnung abschliesst. Diese Niederschlagsmembran lässt Wasser, aber fast kein Bariumchlorid hindurch. Es dringt also Wasser in die Glasröhre ein, und die Membran wölbt sich infolge des osmotischen Druckes, den die Bariumchloridlösung ausübt, in Form einer Blase heraus.

Nach Traube beruht die Semipermeabilität der Kupferferrocyanidmembran darauf, dass letztere wie ein Sieb wirke, dessen Maschen wohl die kleineren Wassermolekeln, nicht aber die grösseren Molekeln der gelösten Substanz passieren lasse. Nun hat Tammann (*Ztschr. für phys. Chemie 10, S. 255, 1892*) ermittelt, dass jene Membran für die Chloride und Nitrate von Calcium und Magnesium vollkommen, aber für die entsprechenden Salze des Bariums nur unvollkommen impermeabel ist. Er meint daher, Traubes Hypothese widersprechen zu müssen, und nimmt an, das frisch gefällte Kupferferrocyanid sei eine hydratische Substanz,

welche die Molekeln aller derjenigen Substanzen hindurchtreten lasse, die sich in ihr lösen, nicht aber derjenigen, die darin unlöslich seien.

Um osmotische Versuche mit obiger Niederschlagsmembran in grösserem Massstabe auszuführen, handelte es sich noch darum, der Membran die gehörige Widerstandsfähigkeit zu geben. Es gelang dies Pfeffer (*Osmotische Untersuchungen, Leipzig 1877*) dadurch, dass er die Membran in der Wand einer porösen Thonzelle erzeugte. Die Herstellung einer gehörig festen und zusammenhängenden Membran bietet einige Schwierigkeit. Sie gelingt um so sicherer, je kleiner die Dimensionen der Zelle (4,6 × 1,6 cm) sind. Pfeffer befestigte nun (Fig. 1) mittels Siegellack in der Öffnung der präparierten Zelle ein Verschlussstück aus Glas, brachte in dem seitlichen Tubus desselben ein Quecksilbermanometer an, dessen freier Schenkel geschlossen war, und senkte den ganzen Apparat, nachdem er mit der zu prüfenden Lösung vollständig gefüllt und fest verschlossen war, in ein grösseres, Wasser enthaltendes Gefäss ein. Das Quecksilber des Manometers stieg allmählich in die Höhe. Mehrere Wochen aber vergingen, ehe es den Maximalstand erreicht hatte. Von diesem Moment an hielt der Druck der im geschlossenen Manometerschenkel comprimierten Luft dem osmotischen Druck das Gleichgewicht, und Pfeffer war auf diese Weise imstande, letzteren nach Atmosphären zu messen, also anzugeben, mit welcher Kraft die Molekeln des gelösten Körpers auf ein Flächenstück der Zellwand drücken, welches dem Querschnitt des Manometerrohres gleich ist.


Fig. 1.

Diese Versuche sind wegen ihrer hohen Bedeutung im Laufe der Zeit unter mehrfachen Abänderungen des Arrangements wiederholt worden. Letztere gingen wesentlich darauf hinaus, die Niederschlagsmembran gegen die häufig nach vielen Atmosphären zählenden Druckkräfte resistenter zu machen. Man hatte Grund anzunehmen, dass hierdurch eine vollkommenere Semipermeabilität erreicht werden würde, und die Möglichkeit geboten wäre, die Untersuchungen auf eine grössere Zahl von Substanzen auszudehnen. Mit Rücksicht hierauf sei besonders auf die Arbeiten von Tammann (*Ztschr. für physik. Chemie 9, S. 97, 1891*) hingewiesen. Immerhin ist man bis jetzt dem Ziel nur wenig näher gerückt. Gute Resultate lassen sich nach der Versuchsanordnung von Pringsheim erwarten, über die aber Ausführliches noch nicht veröffentlicht ist. So viel bekannt ist, erzeugte er eine sehr dauerhafte Kupferferrocyanidmembran an der Biegungsstelle eines U-Rohres in einem Substrat von Gelatine.

Wegen der langen Zeitdauer, deren ein Pfefferscher Messversuch bedarf, bis sich der Manometerdruck mit dem osmotischen Druck ausgeglichen hat, wird man sich im Unterricht darauf beschränken müssen, die Erscheinungen der Osmose nur qualitativ zu demonstrieren. Nach vielem Experimentieren bin ich zu folgenden Anordnungen gekommen, die für diesen Zweck geeignet erscheinen. Da sich die gewöhnlichen Thonzellen der Bunsenschen Elemente, selbst die kleinsten, mir zugänglichen Formen sehr zerbrechlich erwiesen, nachdem in der Wand derselben die Niederschlagsmembran erzeugt war, benutze ich eine glockenförmige, 225 cm³ grosse Glaszelle z[1]) (Fig. 2), deren untere, 7 cm weite Öffnung mit einer Thon-

[1]) Dieser sowie verschiedene andere, für die folgenden Versuche benutzten Apparate sind vom Glasbläser Stuhl, Berlin N., Philippstr. 22, angefertigt.

platte, dem von einer Thonzelle abgesägten und passend gefeilten Boden, mittels Siegellack fest verschlossen ist. Hat jene Glaszelle stundenlang in siedendem Wasser gelegen, so dass die Thonplatte mit Wasser injiciert ist, so wird sie mit einer 3procentigen Kaliumferrocyanidlösung gefüllt und in ein eine 3procentige Kupfersulfatlösung enthaltendes Gefäss bis zum gleichen Niveau eingesenkt. Die Thonplatte muss dicht schliessen, was man daran erkennt, dass der braune Kupferferrocyanidniederschlag sich weder in der Glocke noch in dem Gefäss ausserhalb derselben zeigt. Die so entstehende Membran hat nach drei Tagen eine genügende Dicke erreicht. Die Glocke ist nunmehr ein für alle Mal für den osmotischen Versuch vorbereitet. Sie wird mit einer 50procentigen Rohrzuckerlösung gefüllt und mit einem Pfropfen verschlossen, durch den ein mit einer Skala versehenes Thermometerrohr r von 1,3 mm lichter Weite gesteckt ist. In das Lumen desselben wird vorher etwas gepulvertes Alkaliblau geschüttet, das an den Wandungen der Röhre adhäriert und durch die blaue Farbe, die es der Zuckerlösung erteilt, das Steigen der Flüssigkeit besser erkennbar macht. Wird nun der Apparat mittels des Korkes k in dem mit Wasser gefüllten Cylinder C befestigt, so rückt die Flüssigkeit im Thermometerrohr pro Minute durchschnittlich 1 mm vor. Nach dem Versuch, selbst wenn er 5 Stunden dauert, zeigt das Wasser des Cylinders C mit Fehlingscher Lösung nur Spuren einer Zuckerreaktion.

Fig. 2.

Da mir ferner daran lag, die Versuchsanordnung derjenigen von Pfeffer möglichst anzupassen, so prüfte ich auf ihre Brauchbarkeit eine 14 cm lange, cylinderförmige Pukallsche Filterzelle[2]) von 38 cm³ Inhalt, die aus ziemlich fester und poröser Porzellanmasse besteht. Diese Zelle wurde in folgender Weise präpariert. Durch wiederholtes Evacuieren unter der Luftpumpe wurde sie mit Wasser vollständig durchtränkt. Hierauf wurde sie mit einer 3procentigen Kaliumferrocyanidlösung gefüllt, mit einem nur wenige Centimeter tief eingedrückten Pfropfen, der mit einer beiderseits offenen Glasröhre versehen war, verschlossen und bis über den Rand in eine 3procentige Kupfersulfatlösung getaucht. Nach 7 Tagen hatte sich ungefähr in der Mitte der Zellwand eine genügend feste Kupferferrocyanidmembran gebildet. Für einen osmotischen Versuch fülle man die so vorbereitete Zelle mit einer 50procentigen Zuckerlösung und verschliesse sie mit einem möglichst tief einzudrückenden Gummipfropfen. Letzterer ist, wie bei dem durch die Figur 3 dargestellten, zum folgenden Versuch gehörenden Apparat, mit einem ⊢förmigen Glasrohr S zu versehen. In dem seitlichen Tubus T desselben ist mittels eines Gummipfropfens das mit der Kugel k und dem Trichterchen t sowie mit einer Skala ausgestattete Manometerrohr M befestigt, welches in beiden Schenkeln eine Indigolösung enthält. Das Rohr S ist nun ebenfalls mit Zuckerlösung zu füllen und mit einem Pfropfen p fest zu verschliessen. Um aber hierbei jedwedes Luftbläschen zu beseitigen, steckt man durch p ein Glasröhrchen r und schmilzt das capillare Ende desselben in der Flamme eines Bunsenschen Brenners zu. Wird nun die Zelle bis über den Rand in einen Wasser enthaltenden Cylinder gesenkt, so steigt die Indigolösung im Manometerrohr pro Minute durchschnittlich 10 mm, wenn das Lumen dieses Rohres 0,79 mm weit ist. Die osmotische Wasseraufnahme erfolgt also etwa viermal so schnell als bei dem vorigen Versuch.

[2]) Dieselbe ist zu erhalten in der Kgl. Porzellan-Manufaktur, Berlin, Leipzigerstr. 2. Preis M. 0,75.

Die mit einer Niederschlagsmembran ausgestattete Pukallsche Zelle scheint auch sehr gut zu quantitativen osmotischen Versuchen geeignet zu sein. Wird eine nur 1procentige Zuckerlösung und als Manometerflüssigkeit Quecksilber verwendet, so steigt letzteres innerhalb mehrerer Wochen bis zu einer Höhe, die dem von Pfeffer gefundenen Druckwerte sehr nahe kommt. Im Wasser ausserhalb der Zelle ist keine Spur von Zucker zu entdecken.

Will man diese einige Mühe beanspruchenden Vorbereitungen umgehen, so kann man folgende, schon von Pfeffer (l. c. S. 12) empfohlene Anordnung treffen. Anstatt der Thonzelle bediene man sich eines 12 cm langen und 2,5 cm weiten Glasrohres *R* (Fig. 3). Der untere umgelegte und abgeschliffene Rand desselben wird mit Compoundmasse oder Schellack bestrichen und mit festem Pergamentpapier *H* dicht überbunden. In letzterem wird dann auf die angegebene Weise die Niederschlagsmembran hervorgerufen. Im übrigen verfährt man, wie schon oben dargestellt ist, und befestigt schliesslich das Glasrohr *R* mittels eines Korkes in dem Halse der mit Wasser gefüllten Flasche *F*. Nur ist noch zu bemerken, dass man, um die in der Niederschlagsmembran während des Versuchs entstehenden Schäden auszubessern, der Zuckerlösung 0,1 % Kaliumferrocyanid und dem Wasser die äquivalente Menge von 0,09 % Kupfernitrat hinzuzufügen hat. Je nach der Dicke der Niederschlagsmembran fällt die Geschwindigkeit, mit welcher die Manometerflüssigkeit steigt, etwas verschieden aus. Nach einer dreitägigen Einwirkung der Kupfersulfat- und Kaliumferrocyanidlösung hob sich der Flüssigkeitsfaden des Manometers in einer Minute durchschnittlich 1 bis 2 mm. Bei Benutzung eines nicht präparierten Pergamentpapieres steigt die Flüssigkeit im Manometer anfangs zwar etwa doppelt so schnell; aber es tritt Zucker aus der Zelle aus, was für die Dauer von ungefähr 2 Stunden nicht geschieht, wenn das Papier mit der Niederschlagsmembran versehen ist, und ausserdem ist die maximale Steighöhe im Manometerrohr geringer.

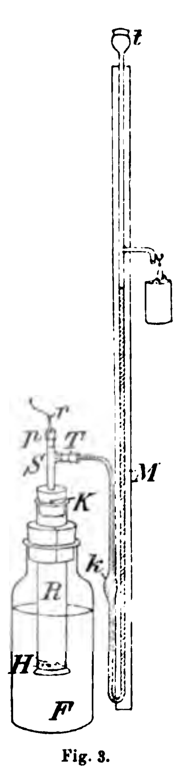


Fig. 3.

Die genaueren Pfefferschen Messungen des osmotischen Druckes der Lösungen führten zu den beiden Gesetzen, dass der osmotische Druck einer Lösung sowohl der Concentration als der absoluten Temperatur proportional ist. Bezeichnet *P* den osmotischen Druck in Atmosphären, *c* den Procentgehalt, *t* die Celsiusgrade, *T* die absolute Temperatur und *a* eine von dem Molekulargewicht der gelösten Substanz abhängige Constante, welche den osmotischen Druck bei 0° und der Concentration von 1 % angiebt, so ist

$$P = a \,.\, c\,(1 + 0{,}00366\, t) = a\, c\, \frac{T}{273}\,.$$

Für Rohrzucker ist nach Pfeffer $a = 0{,}649$ Atm.

van't Hoff war nun der erste, der auf die Analogie dieser Gesetze mit dem Boyle-Mariotteschen und dem Gay-Lussacschen Gesetz hinwies (*Ztschr. für physik. Chemie 1887, S. 481*).

Die beiden Gasgesetze werden meistens durch die gemeinsame Gleichung

$$pv = p_0 v_0\,(1 + 0{,}00366\, t) = p_0\, v_0\, \frac{T}{273}$$

ausgedrückt, in welcher p_0 den Gasdruck von 76 cm Quecksilber, v_0 das Gasvolumen bei 0°, und p und v den beobachteten Druck und das zugehörige

Volumen bei t° angeben.[3]) Indessen ist in der allgemeinen Chemie eine noch vorteilhaftere Gleichung gebräuchlich. Da jene beiden Gesetze für alle idealen Gase gelten, also von der chemischen Zusammensetzung derselben unabhängig sind, so stellte bekanntlich Avogadro den Satz auf: gleiche Volumina aller Gase enthalten unter den gleichen Bedingungen des Druckes und der Temperatur eine gleiche Anzahl von Molekeln, einen Satz, der sich nicht blos durch die zahllosen Molekulargewichtsbestimmungen bewährt hat, sondern auch von den Gesetzen der Thermodynamik direkt gefordert wird. 1 Liter Wasserstoff wiegt bei 0° und 76 cm Quecksilberdruck 0,08956 g; und 1 g-Molekel, d. h. 2 g Wasserstoff, nimmt somit unter den normalen Verhältnissen den Raum von 22,38 Litern ein. Nach der Avogadroschen Regel müssen daher die normalen Volumina sämtlicher Gase 22,38 Liter betragen, falls sie die in Grammen ausgedrückte Molekulargewichtsmenge enthalten. Geht man nun nach Horstmann in der Gasformel $pv = p_0 v_0\, T/273$ von dem g-Molekelvolumen $v_0 = 22{,}38$ Liter $= 22380\ \mathrm{cm}^3$ aus und berücksichtigt, dass 76 cm³ Quecksilber 1033,3 g wiegen, so nimmt jene Formel die einfachere Gestalt

$$pv = \frac{1033{,}3\,.\,22380\,.\,T}{273} = 84700\ T\ \mathrm{g.cm},$$

oder wenn man p nach Atmosphären misst, die Gestalt

$$pv = \frac{22{,}38\,.\,T}{273} = 0{,}0819\ T\ \text{Liter-Atmosphären},$$

oder endlich, da 42750 g.cm = 1 g-cal sind, die Gestalt

$$pv = \frac{84700.\ T}{42750} = 2\ T\ \text{g-cal}.$$

an. Die Gleichung für pv in der einen oder andern Form, die sich allgemein

$$pv = RT$$

schreiben lässt, umfasst aber nicht blos die beiden Gesetze, sondern schliesst in sich auch die Avogadrosche Regel ein. Es wird von ihr beim stöchiometrischen und thermodynamischen Rechnen vielfach Gebrauch gemacht.[4])

---

[3]) Zur Demonstration der Gasgesetze sei auf einen sehr geeigneten Apparat in Lorscheids *Lehrbuch der anorganischen Chemie 1887 S. 8* verwiesen.

[4]) Folgende Beispiele mögen die Anwendbarkeit jener Gasgleichung darthun.

a. Um zu berechnen, welches Volumen in Litern 5 g Wasserstoff bei 72 cm Quecksilberdruck und 27° erfüllen, bestimme man zunächst das Volumen von 2 g Wasserstoff

$$v = \frac{0{,}0819\,.\,(273+27)}{72/76},$$

woraus sich das von 5 g Wasserstoff

$$= \frac{0{,}0819\,(273+27)}{72/76}\,.\,\frac{5}{2} = 64{,}837\ \text{Liter}$$

ergiebt.

b. Soll das Gewicht von 80 Litern Kohlendioxyd bei 78 cm Barometerdruck und 30° gefunden werden, so ermittele man das Molekularvolumen (44 g CO_2) bei 78 cm und 30°

$$v = \frac{0{,}0819\,(273+30)}{78/76}$$

und nach der Proportion $v : 44 = 80 : x$ das zu suchende Gewicht

$$x = \frac{78}{0{,}0819\,(273+30)}\,.\,80\,.\,44 = 145{,}5\ \mathrm{g}.$$

c. Welche Arbeit leistet 1 kg Sauerstoff, wenn es bei Atmosphärendruck um 100° erwärmt wird? 1 kg Sauerstoff enthält 1000/32 = 31,25 g-Mol. Folglich beträgt die Arbeit

$$84700\,.\,31{,}25\,.\,100 = 264687500\ \mathrm{g.cm}$$
$$= 2646\ \mathrm{kg.m},$$

oder $0{,}0819\,.\,31{,}25\,.\,100 = 256$ Liter-Atmosphären,

oder $2\,.\,31{,}25\,.\,100 = 6187$ g.cal.

Jene Gasgleichung leistete nun auch van't Hoff bei seinen weiteren Speculationen über den osmotischen Druck ganz ausserordentliche Dienste. Es ergab sich zwischen diesem Druck P und dem Gasdruck p eine überraschend nahe Beziehung, indem er die Formel $pv = 0{,}0819\ T$ Liter-Atm. auf die Pfefferschen Resultate anwendete. Den osmotischen Druck $P = 0{,}649$ Atm., den eine 1 procentige Rohrzuckerlösung bei 0° ausübt, setzte er in jene Gleichung für p ein. Da ferner 100 g Wasser, wenn darin 1 g Zucker gelöst wird, den Raum von 100,6 cm³ einnehmen, so würde 1 g-Mol. = 342 g Zucker in 100,6 . 342 cm³ = 34,4 Litern einer 1 procentigen Lösung enthalten sein. Dieses Volumen setzte er für v und fand $R = 0{,}649 . 34{,}4 / 273 = 0{,}0818$ Liter-Atm., also fast denselben Wert wie derjenige der Gasgleichung. Andererseits berechnete er den Druck eines Gases, dessen Volumen mit einer 1 procentigen Rohrzuckerlösung äquimolekular ist, also in 34,4 Litern ebenfalls 1 g-Mol. enthält, bei denjenigen Temperaturen, bei denen Pfeffer die osmotischen Drucke bestimmt hatte. In folgender Tabelle I sind die Werte der beiden Drucke zusammengestellt.

Tab. I.

Temperatur T	Gasdruck in Atm. berechnet nach $p = \frac{0{,}0819}{34{,}4} T$	Osmot. Druck P in Atm. gefunden von Pfeffer
273,0	0,650	0,649
279,8	0,667	0,664
286,8	0,683	0,686
288,5	0,687	0,691

Tab. II.

Procente der Zuckerlösung	V die Anzahl Liter, in denen 1 g-Mol. Zucker	Gasdruck berechnet nach $p = \frac{0{,}0819 . 288}{V}$ Atm.	Osmot. Druck P in Atm. gefunden von Pfeffer
1	34,4	0,687	0,691
2	17,3	1,349	1,337
4	8,8	2,667	2,739
6	5,9	3,956	4,046

In der Tabelle II sind neben den bei 15° ($T = 288$) und verschiedenem Procentgehalt der Zuckerlösung von Pfeffer bestimmten osmotischen Drucken P die für 15° berechneten Drucke p äquimolekularer Gasvolumina verzeichnet. Die Übereinstimmung der Grössen p und P in beiden Tabellen ist evident, und dasselbe hat sich auch für andere Substanzen ausser Rohrzucker, soweit der osmotische Druck ihrer Lösungen experimentell ermittelt wurde, herausgestellt. Die Gasgleichung $pv = 0{,}0819\ T$ Liter-Atm. hat somit auch unmittelbar für Lösungen Gültigkeit, wenn anstatt des Gasdrucks p (in Atm.) der osmotische Druck P, und anstatt des Gasvolumens v (in Litern) das Volumen V der Lösung tritt, nämlich die Anzahl Liter, welche 1 g-Mol. der Substanz enthalten. Auf Grund dieser Übereinstimmung kam van't Hoff zu dem Schluss: der osmotische Druck ist gleich dem Gasdruck, den man beobachten würde, wenn man sich das Lösungsmittel entfernt denkt und annimmt, dass die gelöste Substanz in Gasgestalt bei der gleichen Temperatur den gleichen Raum als die Lösung ausfüllt, oder mit andern Worten: Die Molekeln einer gelösten Substanz üben bei osmotischen Vorgängen gegen eine semipermeable Membran denselben Druck aus, mit welchem sie in Gasform bei der nämlichen Concentration und der nämlichen Temperatur auf die Wände der gewöhnlichen Gefässe drücken würden.

Indem so van't Hoff auf Grund der Pfefferschen Versuche die Avogadrosche Regel auf die Lösungen ausdehnte, bestätigte er das Gesetz von de Vries, nach welchem der osmotische Druck nicht durch die Qualität der Molekeln der gelösten Substanz, sondern nur durch die Anzahl derselben bedingt wird, und

knüpfte hieran ferner die Folgerung, dass unter normalen Verhältnissen eine Substanz (Nichtelektrolyt) durch den Vorgang der Lösung in Einzelmolekeln zerlegt wird.

Auch in energetischer Beziehung müssen sich die Lösungen wie die Gase verhalten. Es muss also infolge der durch das Produkt $P.dV$ gemessenen Änderung der Volumenergie einer Lösung dieselbe Arbeit geleistet werden, wie von einem äquimolekularen Gasvolumen unter entsprechenden Verhältnissen. Hierauf beruht überhaupt die Messung des osmotischen Drucks durch den Pfefferschen Apparat, insofern die Luft im geschlossenen Schenkel des Manometers soweit comprimiert, und im offenen Manometerschenkel das Quecksilber so hoch gehoben wird, bis der so entstehende Gegendruck dem osmotischen Druck gleich kommt. Im ersten Fall findet eine blosse Verschiebung der Volumenergie, im zweiten eine Verwandlung der Volumenergie in Distanzenergie statt. In einem offenen Manometerschenkel würde eine 1procentige Rohrzuckerlösung eine Steigung derselben um 6,7 m veranlassen. Betrüge der Querschnitt dieses Schenkels 1 cm^2, so würde diese osmotische Arbeit $670 . 981 . 670/2 = 219000$ Erg sein, denn 1 cm^3 setzt der Hebung einen Widerstand von 981 Dynen entgegen, und der mittlere Weg ist 670/2 cm. Würde man unterhalb dieser Höhe jenen Schenkel mit einem seitlichen Ausflussrohr versehen, so würde aus demselben so lange Flüssigkeit ausfliessen, bis die Lösung in der Zelle infolge der Wasseraufnahme so verdünnt wäre, dass ihrem osmotischen Druck durch den hydrostatischen Druck der Flüssigkeitssäule des Manometers das Gleichgewicht gehalten würde. Auf diese Weise könnte der Apparat als Wasserhebungsmaschine arbeiten (s. Fig. 3). Noch anschaulicher wird die Wirkung des osmotischen Druckes und somit auch die Analogie desselben mit dem Gasdruck, wenn man sich nach van't Hoff folgende Vorrichtung construiert denkt. In einem verticalen, unten geschlossenen und oben offenen Glasrohr befinde sich eine auf und ab bewegliche, dicht schliessende, aus einer semipermeablen Masse bestehende Querwand. Oberhalb derselben sei Wasser, während der Raum unter ihr von einer Lösung eingenommen werde. Wäre nun der Druck der Wassersäule grösser als der osmotische Druck der Lösung, so würde sich die Querwand senken, und die Lösung würde concentrierter. Wäre er geringer, so würde sie sich heben, und die Lösung würde mehr Wasser aufnehmen, also verdünnt werden. In beiden Fällen würde die Verschiebung der Querwand so lange stattfinden, bis ein osmotischer Druck hergestellt wäre, der durch den Druck der Wassersäule eben compensiert würde.

Der Energieinhalt einer Lösung ist also gerade so wie der eines Gasvolumens um so grösser, je mehr das Volumen verkleinert, d. h. je concentrierter die Lösung gemacht wird. Dieselbe Arbeit aber, welche der osmotische Druck einer Lösung leistet, falls der letzteren Gelegenheit geboten wird, durch eine semipermeable Wand Lösungsmittel aufzunehmen, muss aufgewendet werden, um den früheren Concentrationsgrad wiederherzustellen. Zwar kann diese bei der Concentrierung einer Lösung aufzuwendende Arbeit durch einen osmotischen Versuch direkt nicht gemessen werden, weil jene van't Hoffsche Vorrichtung nicht ausführbar ist. Wohl aber kann die Messung indirekt durch die Vorgänge des Siedens und Gefrierens, die überhaupt eine genauere Bestimmung des osmotischen Druckes ermöglichen (s. Abschnitt III und IV), gemacht werden.

Was die Grösse des osmotischen Druckes anbetrifft, so muss es auffallen, dass derselbe schon bei verdünnten Lösungen hohe Werte aufweist. Beträgt er

doch bei einer 5procentigen Rohrzuckerlösung von 0° schon 5.0,649 = 3,2 Atm., und berechnet man den osmotischen Druck einer etwa halb gesättigten Ammoniaklösung, welche auf 100 cm³ ungefähr 51 g NH_3, also in 0,033 Litern 17 g = 1 g-Mol. NH_3 enthält, so ergiebt sich bei 0° nach der Gleichung 0,033 P = 0,0819.273 sogar der Wert von 671 Atm. Wenn dennoch die Gefässe, in denen man solche Lösungen aufbewahrt, nicht zersprengt werden, so liegt dies daran, dass der nach Tausenden von Atmosphären berechnete Binnendruck dieser Flüssigkeiten, der ihre Teilchen zusammenhält, dem osmotischen Druck entgegenwirkt. Letzterer könnte durch Abschwächung des Binnendruckes erst dann zur Geltung kommen und die Wände der Gefässe zertrümmern, falls diese semipermeabel wären, und man die Gefässe in das Lösungsmittel einsenken würde (s. Ostwald, *Lehrbuch der allgemeinen Chemie I, S. 673, 1891*).

Wie der osmotische Druck überhaupt zustande kommt, ist eine noch wenig erörterte Frage, und es bleibt daher die Aufstellung einer kinetischen Theorie der Lösung der Zukunft vorbehalten.

II. Der Dampfdruck der Lösungen.

Die Verdampfung einer Flüssigkeit geht bekanntlich um so leichter vor sich, je höher die Temperatur, und je geringer der auf ihr lastende Druck ist. Der maximale Dampfdruck einer Flüssigkeit lässt sich leicht nach Dalton in Millimetern Quecksilber messen. Man hat nur nötig, eine etwa 80 cm lange und 1 cm weite Glasröhre mit luftfreiem Quecksilber zu füllen, sie in einer Quecksilberwanne umzukehren und alsdann in ihr ein ungefähr 1 cm³ grosses Fläschchen aufsteigen zu lassen, welches ganz mit der zu prüfenden Flüssigkeit gefüllt und mit einem lose aufgesetzten Glasstöpsel verschlossen ist. Letzterer wird, wenn das Fläschchen in das barometrische Vacuum gelangt, abgeworfen. Ein Teil der Flüssigkeit verdampft, und der Druck dieses Dampfes drückt das Quecksilber um eine bestimmte Anzahl von Millimetern herab, welche die maximale Dampfspannung der Flüssigkeit bei der Temperatur des Versuchs angiebt. Mit der Ablesung des Quecksilberstandes hat man etwa 10 Minuten zu warten, und ferner ist es nötig, durch wiederholtes Neigen der Röhre ihre Wände gehörig zu benetzen. Die Grösse des barometrischen Vacuums kommt für den gemessenen Dampfdruck nicht wesentlich in Betracht. Sie würde nur das Quantum des entstehenden Dampfes variieren, dessen Gesamtgewicht aber überhaupt verschwindend klein ist. Das Resultat ist aber unbrauchbar, wenn das Barometerrohr nicht völlig luftleer bleibt, sowie wenn die in Frage kommende Flüssigkeit Verunreinigungen enthält.

Der Wert der maximalen Dampfspannung einer Flüssigkeit ist ein Mass für die Flüchtigkeit derselben. Bei 16° beträgt er für Wasser nur 13,5, für Äther dagegen 374 mm.

Die im Barometerrohr gemessene Depression des Quecksilbers fällt nun geringer aus, wenn in der Flüssigkeit eine Substanz gelöst ist. Die sich auf die Dampfdruckverminderung der Lösnngen beziehenden Gesetze sind am Ende des vorigen Jahrzehnts von Raoult in Grénoble experimentell ermittelt (*Ztschr. für physik. Chemie 1888, S. 353*). Die Arbeiten dieses Forschers waren deshalb erfolgreicher als die seiner Vorgänger (Wüllner, Babo), weil er von den flüchtigeren Lösungsmitteln ausging und vor allem die Lösungen indifferenter, den galvanischen Strom nicht leitender Substanzen, deren eigner Dampfdruck minimal ist, berück-

sichtigte. Auf Grund der nach der barometrischen Methode ausgeführten Versuche war Raoult zu folgenden Sätzen gelangt.

1. Die relative Dampfdruckverminderung $(p - p_1)/p$, wenn p und p_1 die Dampfdrucke des Lösungsmittels bezw. der Lösung bezeichnen, ist von 0° bis 20° von der Temperatur unabhängig.

2, Sie wächst für nicht zu hohe Concentrationen proportional der Menge der gelösten Substanz.

3. Bezieht man sie diesem Proportionalitätsgesetz gemäss auf 1 g-Mol. Substanz, die in 100 g Lösungsmittel gelöst wäre, so erhält man die molekulare Dampfdruckverminderung $p - p_1/p \cdot m/l$, wenn l die zum Versuch verwendete Substanz in Grammen, und m ihr Molekulargewicht ist. Die molekulare Dampfdruckverminderung ist für die Lösungen der verschiedenen Substanzen, die mit dem nämlichen Lösungsmittel hergestellt sind, constant, also wie auch der osmotische Druck nur durch die vorhandene Anzahl der Molekeln der gelösten Substanzen bedingt.

4. Berechnet man, indem man die Gewichtsmengen der Substanz und des Lösungsmittels durch die zugehörigen Molekulargewichte dividiert, die Anzahl n und N der Molekeln beider, so besteht für alle Lösungsmittel die Gleichung

$$\frac{p - p_1}{p} = \frac{n}{N + n},$$

d. h. die relative Dampfdruckverminderung ist für alle Lösungsmittel gleich dem Verhältnis der Anzahl der Molekeln der Substanz zu der Gesamtzahl der in der Lösung vorhandenen Molekeln.

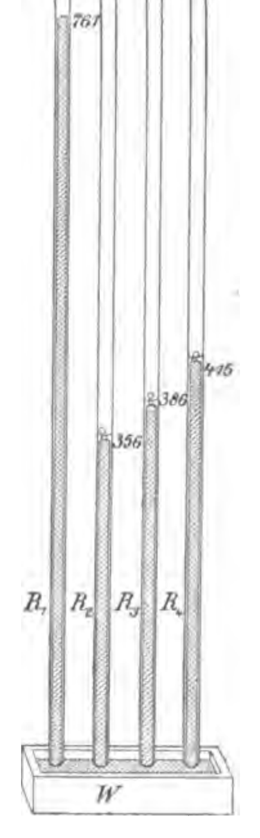




Fig. 4.

Falls man auf genauere Bestimmungen des Dampfdruckes, wie sie Raoult unter Anwendung sehr sorgfältig gereinigter Materialien, sowie durch kathetometrische Ablesung des Quecksilberstandes und Correktion desselben erhielt, verzichten will, lässt sich im Unterricht jenes zweite Gesetz, auf das es wesentlich ankommt, durch den nächsten Versuch veranschaulichen. Man fülle vier gleich lange, mit Millimeterskalen versehene Barometerröhren R_1, R_2, R_3 und R_4 (Fig. 4) mit gut gereinigtem Quecksilber und befestige sie gleich weit entfernt in umgekehrter Stellung in einer Wanne W. Waren die Luftbläschen gänzlich beseitigt, so müssen die Quecksilberniveaus gleich sein. Alsdann bringe man in drei Fläschchen F von beistehender Form, wie sie zur Hofmannschen Dampfdichtebestimmung dienen, reinen Äther bezw. Lösungen von 12,2 und 24,4 g Benzoësäure auf 100 g Äther. Die Füllung lässt sich am besten in der Weise bewerkstelligen, dass man die Fläschchen an einem Platindraht in die in der Wägeflasche befindlichen Flüssigkeiten einsenkt und sie, nachdem die letzteren eingedrungen sind, schnell mit dem Stöpsel verschliesst. Sind sie äusserlich durch Aufspritzen von Äther gut gereinigt, so lasse man sie der Reihe nach mit dem Stöpsel nach unten in drei jener Röhren R_2, R_3 und R_4 aufsteigen. Die vierte Röhre R_1 bleibt zur Messung des Luftdrucks reserviert. Nach einiger Zeit haben

sich die Quecksilberniveaus constant eingestellt, und es zeigt sich, dass dieselben, wenn man sie sich durch Linien verbunden denkt, sämtlich in einer geneigten Geraden liegen, wie es die im zweiten Gesetz ausgesprochene Proportionalität verlangt. Obwohl die an den Skalen abzulesenden Zahlen nur als Näherungswerte gelten können, sind sie doch geeignet, zum Verständnis der Raoultschen Gesetze beizutragen. Sie mögen daher nebst den Daten zweier anderen Versuche und den sich anschliessenden Berechnungen in der Tabelle III Platz finden.

Tab. III.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lösungsmittel	Gelöste Substanz	Versuchstemperatur	Barometerstand	p	p_1	$\frac{p-p_1}{p}$	$\frac{p-p_1}{p}\cdot\frac{m}{l}$	$\frac{n}{N+n}$	$\frac{1}{74\,(78)}\cdot\frac{p-p_1}{p}\cdot\frac{m}{l}$	Molekulargewicht berechnet $m=M.\frac{l}{L}.\frac{p_1}{p-p_1}$	Molekulargewicht sonst gefunden
I. Äther 100 g	Benzoësäure 12,2	17,75	761	405	375	0,0740	0,740	0,0689	0,00999	113	122
II. „ „	„ 24,2	17,75	761	405	346	0,1456	0,728	0,1289	0,00984	106	122
III. „ „	Salicylsäure 13,8	19,00	755	420	388	0,0762	0,762	0,0689	0,01030	124	138
IV. „ „	„ 27,6	19,00	755	420	355	0,1547	0,773	0,1289	0,01040	112	138
V. Benzol 100 g	Naphtalin 12,8	21,00	758	85,5	79	0,0762	0,762	0,0723	0,00977	121	128

Die Zahlen in den Columnen 7 und 8 lassen das zweite bezw. dritte Gesetz von Raoult annähernd erkennen. Auch stimmen die in der Columne 9 mit denen in 7 nahezu überein, wie es das vierte Gesetz fordert. Die Zahlen der Columne 10 sind durch Division der Werte der molekularen Dampfdruckverminderung durch das Molekulargewicht des Lösungsmittels (74 für Äther, 78 für Benzol) erhalten. Sie geben also die relative Dampfdruckverminderung für den Fall an, dass 1 g-Mol. Substanz in 100 g-Mol. Lösungsmittel gelöst wäre, und gleichen für beide Lösungsmittel fast dem Wert $1/(100+1) = 0{,}00999$.

Auf Grund der Formel $(p-p_1)/p = n/(N+n)$ kann nach Raoult das Molekulargewicht der gelösten Substanz berechnet werden, und insofern sind die Dampfdruckmessungen geeignet, als Controle der Molekulargewichtsbestimmungen zu dienen. Bezeichnet nämlich M das Molekulargewicht des Lösungsmittels, und L die in der Lösung vorhandene Menge desselben in Grammen, so ist

$$\frac{p-p_1}{p} = \frac{l/m}{L/M + l/m} = \frac{l\,M}{L\,m + l\,M},$$

folglich $m = M\,.\,l/L\,.\,p_1/(p-p_1)$. In der Columne 11 stehen die aus den Versuchsdaten für Benzoësäure, Salicylsäure und Naphtalin berechneten Molekulargewichte.

Da für äquimolekulare Lösungen desselben Lösungsmittels sowohl der osmotische Druck als auch die relative Dampfdruckverminderung constant sind, so ist anzunehmen, dass beide Grössen in causalem Zusammenhang miteinander stehen. In der That hat van't Hoff durch eine thermodynamische Rechnung das eine Gesetz von dem anderen abgeleitet.[5])

Fig. 5.

[5]) Auf einfacherem Wege hat Ostwald (*Lehrbuch der allgemeinen Chemie 1891, 1, S. 728*) einer Betrachtungsweise von Arrhenius folgend aus dem Gesetz des osmotischen Druckes das Raoultsche Gesetz entwickelt. Es möge gestattet sein, seine Deduktionen hier kurz wiederzugeben. Eine Glocke g (Fig. 5), die unten mit einer semipermeablen Membran m abgeschlossen und oben mit einem 1 cm weiten Steigrohr versehen ist, enthalte eine Lösung aus N g-Mol. Lösungsmittel und n g-Mol. Substanz und sei in ein mit dem reinen Lösungsmittel gefülltes Gefäss F bis f eingesenkt. Man stelle sich ferner vor, dass der ganze Apparat auf eine Platte A gesetzt und mit einer Glocke G überdeckt sei, und dass im Innern derselben ein Vacuum erzeugt

Es ist also die empirische Formel von Raoult auch theoretisch begründet, und andererseits die Richtigkeit der Formel $PV = RT$, von welcher jene Betrachtung ausging, aufs neue bestätigt.

III. Siedepunkt und Gefrierpunkt der Lösungen.

Beim Sieden einer Lösung verdampft nur das Lösungsmittel und nicht die gelöste Substanz, wofern der Siedepunkt derselben ungefähr 130° höher liegt als der des Lösungsmittels; und scheidet sich beim Gefrieren einer Lösung immer nur das Lösungsmittel in fester Form aus, falls die Lösung nicht zu concentriert ist. Erwägt man nun, dass der Dampfdruck einer Lösung stets geringer ist, als der des Lösungsmittels, so ergiebt sich ohne weiteres, dass eine Lösung bei einem höheren Temperaturgrad sieden und bei einem tieferen gefrieren muss, als das reine Lösungsmittel. Denn beim Siedepunkt des Lösungsmittels vermag der Dampfdruck der Lösung den Druck der Luft noch nicht zu überwinden. Damit dies möglich ist, also die Lösung siedet, muss sie bis zu einem höheren Temperaturgrad erhitzt werden. Ferner kann die Lösung erst dann gefrieren, wenn ihr Dampfdruck dem Dampfdruck des festen Lösungsmittels gleich ist. Diese Bedingung ist aber erst bei einer Temperatur erfüllt, welche tiefer liegt als der Gefrierpunkt des reinen Lösungsmittels. Steht somit der Dampfdruck einer Lösung in innigster Beziehung zur Siedepunktserhöhung und Gefrierpunktserniedrigung derselben, so wird sich auch erwarten lassen, dass den Raoultschen Gesetzen des Dampfdrucks gemäss jene beiden Grössen proportional der Concentration zunehmen und für äquimolekulare, mit dem nämlichen Lösungsmittel bereitete Lösungen gleichen Wert haben. In der That hat der Versuch zu diesem Ergebnis geführt, und namentlich gelang es wiederum Raoult, dieses Problem

---

würde. Infolge des osmotischen Vorganges möge die Lösung im Steigrohr bis zum Punkte h steigen. Der osmotische Druck ist dann nach der bekannten Gleichung

$$P = \frac{nRT}{V},$$

wo $R = 84700$ ist, wenn P in Grammen und V in Cubikcentimetern gemessen wird. Ist nun M das Molekulargewicht des Lösungsmittels, so wiegt die Lösung, da das Gewicht der Substanz wegen des als gering anzunehmenden Concentrationsgrades zu vernachlässigen ist, MN Gramm, und ist s das spezifische Gewicht derselben, welches dem des Lösungsmittels sehr nahe kommt, so muss $V = MN/s$ cm³ sein. Mithin ist

$$P = \frac{nsRT}{MN}.$$

Giebt ferner H die Strecke fh in cm an, so ist $P = Hs$, und folglich

$$H = \frac{nRT}{MN}.$$

Soll aber der Apparat im Gleichgewicht sein, so ist der Dampfdruck p_1 der Lösung im Punkte h gleich dem Dampfdruck p des Lösungsmittels vermindert um das Gewicht der Dampfsäule fh von 1 cm² Querschnitt. Mithin ist, wenn d das Gewicht eines Cubikcentimeters Dampf bedeutet, $p_1 = p - Hd$ oder $p - p_1 = Hd$. Es wiegen nun v cm³ Dampf M g, wenn v das Molekularvolumen des Lösungsmittels in Dampfform ist. Also wiegt 1 cm³ Dampf M/v g, oder, da die Gasgleichung $pv = RT$ anwendbar ist, so ist

$$d = \frac{Mp}{RT}.$$

Setzt man schliesslich in die Gleichung $p - p_1 = Hd$ die Werte für H und d ein, so ergiebt sich

$$p - p_1 = \frac{nRT}{MN} \cdot \frac{Mp}{RT} = \frac{n}{N} p \text{ oder}$$

$$\frac{p - p_1}{p} = \frac{n}{N}.$$

experimentell zu lösen, indem er vor allem die Lösungen organischer Körper in organischen Lösungsmitteln untersuchte und die Resultate auf molekulare Mengen bezog.

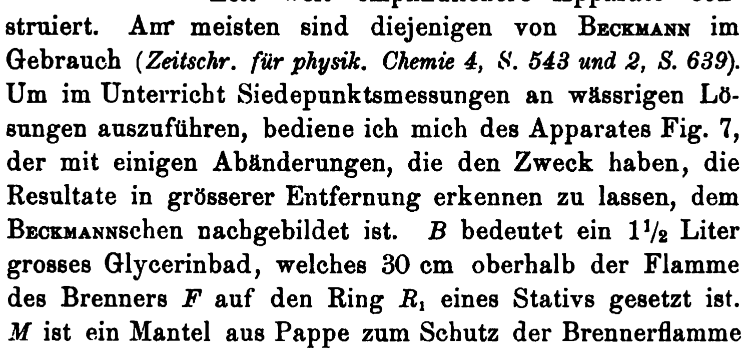


Fig. 6.

Den Siedepunkt der Lösungen kann man mittels eines sehr einfachen Apparates ermitteln, der von Berthelot (*Praktische Anleitung zur Ausführung thermochemischer Messungen, Leipzig 1893, S. 62*) angegeben und in der Fig. 6, die einer besonderen Erläuterung nicht bedarf, dargestellt ist.

Indessen sind, da die Siedepunkts- sowie auch die Gefrierpunktsmethode eine weit genauere Bestimmung des Molekulargewichts der gelösten Substanzen gestatten als die Dampfdruckmethode, im Laufe der Zeit weit empfindlichere Apparate construiert. Am meisten sind diejenigen von Beckmann im Gebrauch (*Zeitschr. für physik. Chemie 4, S. 543 und 2, S. 639*). Um im Unterricht Siedepunktsmessungen an wässrigen Lösungen auszuführen, bediene ich mich des Apparates Fig. 7, der mit einigen Abänderungen, die den Zweck haben, die Resultate in grösserer Entfernung erkennen zu lassen, dem Beckmannschen nachgebildet ist. B bedeutet ein $1^1/_2$ Liter grosses Glycerinbad, welches 30 cm oberhalb der Flamme des Brenners F auf den Ring R_1 eines Stativs gesetzt ist. M ist ein Mantel aus Pappe zum Schutz der Brennerflamme

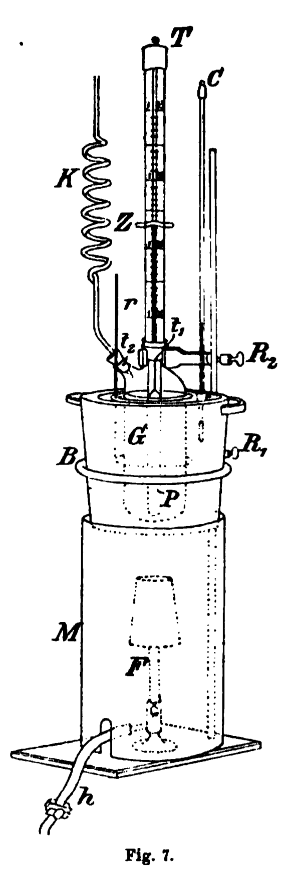


Fig. 7.

Dies ist aber die von Raoult empirisch gefundene Gleichung unter der Voraussetzung, dass n gegen N sehr klein, die Lösung also sehr verdünnt ist.

Für endliche Concentrationen hat H einen bedeutend hohen Wert, und es darf daher, weil d nach H sich ändert, der Druck π der Dampfsäule von der Höhe H nicht ohne weiteres $= Hd$ gesetzt werden. Vielmehr ist $\partial\pi = d \,.\, \partial H$, oder da $d = M\pi / RT$ ist, so ist

$$-\frac{RT}{M} \cdot \frac{\partial \pi}{\pi} = \partial H.$$

Integriert man diese Gleichung von 0 bis H, so ist

$$H = \frac{RT}{M} \log. \text{nat.} \frac{\pi_0}{\pi_H},$$

und hierin ist $\pi_0 = p$ und $\pi_H = p_1$. Aus dem osmotischen Druck hatte man aber

$$H = \frac{nRT}{MN}$$

gefunden. Folglich ist

$$\frac{RT}{M} \log. \text{nat.} \frac{p}{p_1} = \frac{nRT}{MN} \text{ oder}$$

$$\log. \text{nat.} \frac{p}{p_1} = \frac{n}{N}.$$

Nun aber ist

$$\log. \text{nat.} \frac{p}{p_1} = \log. \text{nat.} \left(1 + \frac{p - p_1}{p_1}\right) = \frac{p - p_1}{p_1} - \frac{1}{2}\left(\frac{p - p_1}{p_1}\right)^2 + \ldots\ldots = \frac{p - p_1}{p_1}.$$

Somit ergiebt sich

$$\frac{p - p_1}{p_1} = \frac{n}{N}, \text{ oder}$$

$$\frac{p - p_1}{p} = \frac{n}{N + n}.$$

gegen Luftströmungen. In einem der Ringe des Bades *B* ist das Thermometer *C* befestigt, damit man die Temperatur des Glycerins, das mittels des Rührers *r* von Zeit zu Zeit in Bewegung zu versetzen ist, controlieren kann. Das Siedegefäss *G* von cylindrischer Form und einem Inhalt von 280 cm^3 ist mit dem 2,5 cm weiten Tubus t_1, an welchem es mittels der Klemme R_2 festgehalten wird, und dem 1,5 cm weiten Tubus t_2 versehen. In t_1 ist das Thermometer *T*[6]) mittels eines Korkes befestigt. An diesem ist die Siedetemperatur, die sich durch den verschiebbaren Zeiger *Z* markieren lässt, abzulesen. Das mit Quecksilber gefüllte Gefäss *P* desselben ist 10 cm lang und hat einen Durchmesser von 1,8 cm. Die Skala umfasst nur drei ganze Grade, von 100° bis 103°. Auf jeden Grad kommen 7 cm Skalenlänge, so dass hundertstel Grade angezeigt werden. Im Tubus t_2 steckt der Kühler *K*. Er besteht aus 7 Windungen à 5 cm Durchmesser und ist oberhalb des unteren, schräg abgeschliffenen Endes mit einer Öffnung versehen, damit die Dämpfe in den Kühler gelangen können, ohne durch das abfliessende condensierte Wasser gehindert zu werden.

Beim Gebrauch des Apparates sind folgende Massregeln innezuhalten. Die Glycerinmenge muss fast bis an die Ringe reichen, und im Siedegefäss muss die Lösung mit den Ringen in gleicher Höhe stehen. Das Thermometer *T* ist so tief einzusenken, dass das Niveau des Quecksilbergefässes mit dem der siedenden Flüssigkeit zusammenfällt. Da nur concentriertere Lösungen genügend hohe Siedepunktserhöhungen zeigen, die Flüssigkeit aber nach Hinzufügung grösserer Substanzmengen an Volumen erheblich zunimmt, so ist es besser, die zu prüfenden Lösungen fertig in den Apparat zu bringen, anstatt die zu lösende Substanz durch den Tubus t_2 einzuführen. Um eine möglichst gleichmässige Siedetemperatur zu erzielen, also das Stossen der Flüssigkeit, welches durch den Wechsel von Überhitzung und plötzlicher Dampfbildung zustande kommt, zu vermeiden, genügt es, kurz vor der Siedetemperatur durch t_2 in das Siedegefäss kleinere Stückchen Speckstein zu werfen. Auch ist, um einem Siedeverzug möglichst vorzubeugen, darauf zu achten, dass die Temperatur des Glycerins höchstens 2° höher liegt als der Siedepunkt der Lösung, der sich innerhalb enger Grenzen im voraus beurteilen lässt. Indem man die Flammenhöhe, die, wenn die Siedetemperatur nahezu erreicht ist, höchstens 3 bis 4 cm betragen darf, mittels des Quetschhahnes *h* reguliert und den Rührer *r* wiederholt auf und ab bewegt, lässt sich die Temperatur des Glycerinbades fast constant machen. Ehe man die Temperatur abliest, muss man, bis die grosse Quecksilbermenge des Thermometers gleichmässig erwärmt ist, die Flüssigkeit etwa 10 Minuten im Sieden erhalten und wegen der Trägheit des Quecksilberfadens wiederholt an das Thermometer klopfen. Da ferner der Siedepunkt nach dem jeweiligen Barometerstand wechselt und sich das Thermometer im Lauf der Zeit etwas ändert, so muss der Siedepunkt des Wassers stets besonders ermittelt werden.

Die mit wässrigen Lösungen von Rohrzucker erhaltenen Resultate ersehe man aus der Tabelle IV, in welcher *l* die auf 100 g Wasser kommende Zuckermenge, *b* den Barometerstand, t_0 den Siedepunkt des Wassers, *t* denjenigen der Lösung, *m* das Molekulargewicht des Rohrzuckers (342) und *S* die auf 100 g Lösungsmittel bezogene molekulare Siedepunktserhöhung angiebt.

---

[6]) Gekauft bei Warmbrunn, Quilitz & Co., Berlin, Rosenthalerstr. 20. Preis M. 18,—.

Tab. IV.

1	2	3	4	5	6	7	8
l	b mm	t_0	t	$t-t_0$	$\frac{t-t_0}{l}$	$S=\frac{t-t_0}{l}\,.\,m$	$m=S\frac{l}{t-t_0}$
34,2	746	99,85	100,35	0,50	0,01462	5,00	342,0
51,3	746	99,85	100,59	0,74	0,01442	4,93	341,7
68,4	755	99,90	100,95	1,05	0,01535	5,24	341,3
85,5	755	99,90	101,22	1,32	0,01544	5,28	342,0

Aus den Zahlen der Columne 6 folgt, dass für nicht zu concentrierte Lösungen die Siedepunktserhöhung für je 1% Rohrzucker constant ist, also der Siedepunkt proportional der Concentration steigt. Die Werte für S in der Columne 7 beweisen, dass der Siedepunkt äquimolekularer Lösungen um gleichviel erhöht ist. Hat man mit Hülfe einer Substanz, von welcher m bekannt ist, für ein bestimmtes Lösungsmittel die Constante S gefunden, so ergiebt sich für eine andere, in demselben Lösungsmittel zu lösende Substanz das Molekulargewicht m nach der Gleichung $l : m = t - t_0 : S$. In der Columne 8 stehen die aus den betreffenden Zahlen für l und $t - t_0$ berechneten Werte m, die sich einander sehr nähern und teilweise dem wahren Werte 342 gleich sind. Kommen nicht 100 g, sondern L g des Lösungsmittels in Anwendung, so ist

$$m = 100\,S\,.\,\frac{l}{L(t-t_0)}\,.$$

Es ist für	Wasser,	Alkohol,	Äther,	Essigsäure,	Chloroform
$t =$	100	78,3	34,97	118,1	61,2°
und $S =$	5,2	11,5	21,1	25,3	36,6°.

Wegen der höheren S-Werte liessen sich zwar mit Lösungen in Alkohol oder Chloroform grössere Siedepunkts-Differenzen erzielen, aber man bedarf dann besonderer Demonstrationsthermometer, um in weiterer Entfernung den Quecksilberstand erkennbar zu machen. Jedoch haben die wässrigen Lösungen, namentlich die der Elektrolyte, ein besonderes Interesse (s. Abschnitt V), und die Versuche mit wässrigen Rohrzuckerlösungen lassen sich insofern noch weiter ausbeuten, als man durch Zusatz eines Cubikcentimeters verdünnter, mit Kaliumchlorid versetzter Salzsäure zur siedenden Lösung die Rohrzuckermolekeln nach der Gleichung $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = 2\,C_6H_{12}O_6$ leicht invertieren, also die Anzahl der gelösten Molekeln in kaum einer Minute verdoppeln kann, was eine doppelt so hohe Siedepunktserhöhung zur Folge hat. Aus letzterer Erscheinung ist ferner zu ersehen, dass bei Molekulargewichtsbestimmungen nach der Siedepunktsmethode nur solche Lösungsmittel anwendbar sind, die auf die gelöste Substanz chemisch nicht einwirken. Die Thatsache, dass die Werte von $(t - t_0)/l$ für höhere Concentrationen zunehmen, wird später erklärt werden.

Weit weniger Umsicht als zu den Bestimmungen des Siedepunkts ist zu denen des Gefrierpunkts erforderlich. Schon vor mehreren Jahren hat Ciamician (*diese Ztschr. III, S. 39*) ein Verfahren angegeben, die Gefrierpunktserniedrigung mittels eines Luftthermometers zu veranschaulichen. Da sich letzteres jedoch nicht leicht aichen lässt, habe ich mir ein Demonstrationsthermometer T (Fig. 8) [7] anfertigen lassen, das auch zu vielen anderen Zwecken, wie zur Ermittelung der Lösungswärme von Salzen und der spezifischen Wärme von Metallen, geeignet

[7] Angefertigt vom Glasbläser Stuhl, Berlin N., Philippstr. 22. Preis M. 12,—.

ist. Das Gefäss desselben ist 14 cm lang und nur 1,5 cm weit. Es ist mit blau gefärbtem Amylalkohol gefüllt. Die Skala hat eine Länge von 60 cm. Sie umfasst 75°, 30° unter und 45° über Null. Die Graddifferenz beträgt also 8 mm, so dass zehntel Grade leicht abzulesen sind. Dieses Thermometer wird in das Gefriergefäss *R* gesetzt, ein Reagensglas von solcher Grösse, dass nach Einbringung der zu prüfenden Lösung das Niveau derselben dem des Thermometergefässes gleich und vom Rand des Reagensglases 3 cm entfernt ist. Das Gefriergefäss *R* ist mittels einer Korkscheibe in der Öffnung der Flasche *F* befestigt. Letztere ist mit einer concentrierten Chlorcalciumlösung gefüllt und in das 5 bis 6 Liter grosse Kältebad *K* eingesenkt. Will man mit dem beschriebenen Apparat, dessen Empfindlichkeit nur eine beschränkte sein kann, annähernd richtige Resultate erhalten, es namentlich vermeiden, dass zu tiefe Temperaturgrade als Gefrierpunkte beobachtet werden, so muss man den aus Nickeldraht gefertigten Rührer *r* während der Abkühlung der Lösung beständig bewegen, bis sich eben das Lösungsmittel in fester Gestalt ausscheidet. Auf keinen Fall darf die Kühlung zu rasch erfolgen, und es ist deshalb darauf zu achten, dass die Temperatur der Chlorcalciumlauge höchstens 2 bis 3° tiefer liegt als der betreffende Gefrierpunkt. Dies lässt sich aber leicht bewerkstelligen, indem man im Kältebad *K* die gehörige Temperatur erzeugt, also je nachdem mit Eiswasser oder einer Kältemischung aus Eis und mehr oder weniger Kochsalz arbeitet.

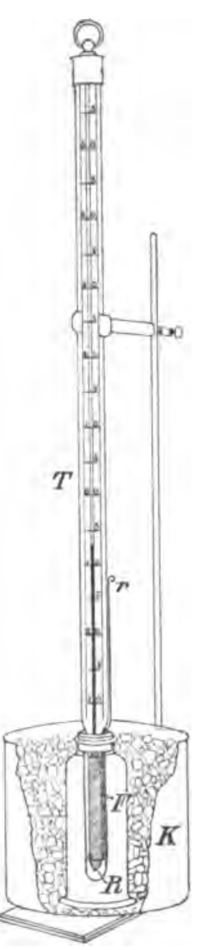


Fig. 8.

Die Ergebnisse einiger Versuche mit Lösungen in Wasser und in Benzol, dessen Gefrierpunkt 5,5° war, sind aus der Tabelle V zu ersehen. Darin bezeichnet l die auf 100 g Lösungsmittel kommende Menge der gelösten Substanz, ϑ den Gefrierpunkt der Lösung, ϑ_0 den des Lösungsmittels, G die molekulare Gefrierpunktserniedrigung, m das berechnete und m_0 das sonst gebräuchliche Molekulargewicht der gelösten Verbindung. Die durch den Versuch gefundenen Gefrierpunkte sind abgesehen von den Mängeln der Methode auch deshalb wenig genau, weil zur Erlangung möglichst grosser Temperaturdifferenzen höhere Concentrationen erforderlich sind. Für wissenschaftliche Versuche dürfen letztere nicht über 0,1 g-Mol. auf 100 g Lösungsmittel hinausgehen.

Tab. V.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lösungsmittel	Gelöste Substanz	l	ϑ	$\vartheta_0 - \vartheta$	$\frac{\vartheta_0 - \vartheta}{l}$	$G = m\frac{\vartheta_0 - \vartheta}{l}$	G nach Raoult	$m = G\frac{l}{\vartheta_0 - \vartheta}$	m_0
Wasser	Rohrzucker	34,2	−1,8	1,8	0,053	18,18		342,00	
"	"	51,3	−2,8	2,8	0,054	18,45	18,5	341,60	342,0
"	"	68,4	−3,8	3,8	0,055	18,81		342,00	
Benzol	Chloroform	11,9	+0,2	5,3	0,444	53,01		112,75	
"	"	23,9	−4,5	10,0	0,419	50,01	51,1	119,50	119,5
"	"	35,8	−8,5	14,0	0,391	46,72		128,00	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lösungs-mittel	Gelöste Substanz	l	ϑ	$\vartheta_0-\vartheta$	$\frac{\vartheta_0-\vartheta}{l}$	$G=m\frac{\vartheta_0-\vartheta}{l}$	G nach Raoult	$m=G\frac{l}{\vartheta_0-\vartheta}$	m_0
Benzol	Naphtalin	12,8	+0,5	5,0	0,391	50,05	50,0	128,00	128,0
„	„	25,6	—4,0	9,5	0,371	47,19		134,70	
„	Anilin	9,3	+0,8	4,7	0,505	46,96	46,3	99,35	93,0
„	„	18,6	—3,5	9,0	0,484	45,01		103,30	
„	Benzoësäure	6,1	+4,2	1,3	0,213	25,98	25,4	234,60	122,0

Man erkennt hieraus deutlich die Analogie zwischen den Erscheinungen des Siedens und Gefrierens der Lösungen. Der Gefrierpunkt sinkt proportional der Concentration (Columne 6), und die Gefrierpunktserniedrigung ergiebt, wenn 1 g-Mol. Substanz in der nämlichen Menge Lösungsmittel (100 g) gelöst wird, für Lösungen in Wasser den Durchschnittswert 18,5 und für solche in Benzol den Durchschnittswert 49 (Columne 7 und 8). Dass die Gefrierpunktserniedrigung sich ebenfalls nur nach der Anzahl der in einer constanten Menge des Lösungsmittels vorhandenen Molekeln der Substanz richtet, wird auch dadurch noch veranschaulicht, dass man die 34,2 procentige Rohrzuckerlösung nach der Inversion wieder in den Gefrierapparat bringt, wobei man $\vartheta = -3{,}3$ erhält. Die Zahlen der Columnen 9 und 10 machen es begreiflich, welch' hohe Bedeutung die Gefrierpunkte zur Bestimmung der Molekulargewichte haben, die gemäss den Gleichungen $l : m = \vartheta_0 - \vartheta : G$ oder $l : m = (\vartheta_0 - \vartheta)\, 100/L : G$, wenn L die jeweilige Gewichtsmenge des Lösungsmittels bezeichnet, berechnet werden.

Was nun die Abweichungen der bei den Siedepunkts- und Gefrierpunktsbestimmungen ermittelten Zahlen von den theoretischen Werten betrifft, so sind sie nicht allein auf die Ungenauigkeit der Methode zurückzuführen. Auch die mittels der BECKMANNschen Apparate erhaltenen Zahlen stimmen bisweilen nicht mit der Theorie überein. Die Grössen $(\vartheta_0 - \vartheta)/l$ der Benzollösungen nehmen mit der Concentration in der Regel ab. Man erklärt dies durch die wohl begründete Annahme, dass die Molekeln der Substanzen in Benzollösungen teilweise zu Doppelmolekeln vereinigt sind. Die Benzoësäure bildet in Benzol ausschliesslich Doppelmolekeln. Andererseits erweisen sich bei wässrigen Lösungen höherer Concentrationen sowohl die Siedepunkts- als auch die Gefrierpunktsänderungen grösser, als es der Theorie entspricht. In diesen Fällen müssen die Molekeln der Substanz auf die des Lösungsmittels eine Anziehung ausüben, welche das Verdampfen und Ausfrieren des letzteren erschweren.

IV. Zusammenfassung.

Die an die Versuche mit verdünnten Lösungen angeschlossenen Betrachtungen haben bisher zu vier ähnlich lautenden Gesetzen geführt, nämlich: Äquimolekulare Lösungen beliebiger Stoffe, die mit gleichen Gewichtsmengen desselben Lösungsmittels hergestellt sind, zeigen gleichen osmotischen Druck, gleiche relative Dampfdruckverminderung, gleiche Siedepunktserhöhung und gleiche Gefrierpunktserniedrigung, und die Versuchsdaten lassen auch die Umkehrung dieser Gesetze zu. Bei relativ gleicher, im Allgemeinen aber geringer Concentration müssen daher die Grössen P, $(p-p_1)/p$,

$t - t_0$ und $\vartheta_0 - \vartheta$ einander proportional, und der Proportionalitätsfaktor darf nur vom Lösungsmittel abhängig sein. Auf theoretischem Wege hat van't Hoff (*Nernst, Theoretische Chemie 1893, S. 124 u. 126*) die Beziehung des osmotischen Druckes zu den drei anderen Grössen ermittelt und folgende Gleichungen aufgestellt, in denen M das Molekulargewicht des Lösungsmittels, s das spezifische Gewicht desselben, T_0 und T_0' seinen absoluten Siede- bezw. Gefrierpunkt, w und w' seine latente Verdampfungs- bezw. Schmelzwärme pro Gramm und K, K', K'' die betreffenden, vom Lösungsmittel abhängigen Constanten bedeuten:

$$\text{I.}\quad P = \frac{p - p_1}{p_1} \cdot \frac{819\,s \,.\, T}{M} = \frac{p - p_1}{p_1} T K \text{ Atm.}$$

$$\text{II.}\quad P = (t - t_0) \cdot \frac{41{,}37 \,.\, s \,.\, w}{T_0} = (t - t_0)\, K' \text{ Atm.}$$

$$\text{III.}\quad P = (\vartheta_0 - \vartheta) \cdot \frac{41{,}37 \,.\, s \,.\, w'}{T_0'} = (\vartheta_0 - \vartheta)\, K'' \text{ Atm.}$$

Es muss sich folglich die eine Grösse aus der anderen finden lassen. So möge nach den Gleichungen II und III der Wert für P aus einigen früher angegebenen Versuchsdaten berechnet werden. Die Resultate sind aus den beiden folgenden Tabellen VI und VII zu ersehen:

Tab. VI.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Lösungs-mittel	Gelöste Substanz	l	V	$t - t_0$	s	w	T_0	K'	$P = (t - t_0) K'$	$P = \frac{0{,}0819\, T_0}{V}$
Wasser	Rohrzucker	51,3	0,6667	0,74	0,959	536,4	373,0	57	42,18	45,82

Tab. VII.

Lösungs-mittel	Gelöste Substanz	l	V	$\vartheta_0 - \vartheta$	s	w'	T_0'	K''	$P = (\vartheta_0 - \vartheta) K''$	$P = \frac{0{,}0819\, T_0'}{V}$
Wasser	Rohrzucker	51,3	0,6667	2,8	0,9998	79,0	273,0	11,85	31,89	33,54
Benzol	Chloroform	11,9	1,1494	5,3	0,8700	29,5	278,5	3,76	19,93	19,84
„	„	23,9	0,5747	10,0	0,8700	29,1	278,5	3,76	37,61	39,68

In den Columnen 11 beider Tabellen ist P nach der Gleichung $PV = 0{,}0819\ T_0$ bezw. $= 0{,}0819\ T_0'$ Liter-Atm., in welcher V die Zahl der Liter angiebt, die 1 g-Mol. Substanz in Lösung enthalten würden, berechnet. In der That stimmt dieser Wert, wenn man erwägt, dass bei den Siedepunkts- und Gefrierpunktsbestimmungen verhältnismässig sehr concentrierte Lösungen verwendet wurden, mit dem in den Columnen 10 verzeichneten, nach den van't Hoffschen Formeln ermittelten Wert sehr gut überein.

Es haben sich also aus den Bestimmungen des Siedepunkts und Gefrierpunkts, welche weit genauer ausgeführt werden können als die des osmotischen Druckes, solche Werte für P ergeben, welche der der Gasgleichung entsprechenden Gleichung $PV = RT$ genügen, und somit wird durch die Siedepunkts- und Gefrierpunktsmethode die van't Hoffsche Theorie wiederum bestätigt. Für die Richtigkeit derselben spricht aber ferner auch die Thatsache, dass aus den Siedepunkten und Gefrierpunkten der Lösungen dieselben Molekulargewichte der gelösten Substanzen gefunden werden, zu welchen die Dampfdichtebestimmungen führen.[8])

[8]) Noch einen anderen recht überzeugenden Beweis für die Theorie der Lösungen hat van't Hoff gegeben, indem er auf Grund der Gasgleichung durch eine rein thermodynamische Betrachtung für die molekulare Siedepunktserhöhung und Gefrierpunktserniedrigung Werte er-

Wenn aber eine Theorie von so verschiedenen Seiten her bestätigt worden ist wie die van't Hoffsche, so kann ein Zweifel an der Wahrheit derselben nicht bestehen. Es darf daher der Satz: Die Substanzen üben in den Lösungen denselben Druck als osmotischen aus, den sie im gleichen Volumen bei der nämlichen Temperatur in Gasgestalt zeigen würden, als ein Naturgesetz gelten, und so die Avogadrosche Regel auf die Substanzen im gelösten Zustand übertragen werden.

V. Die wässrigen Lösungen der Elektrolyte.

Es ist bereits betont worden. dass die Untersuchungen, welche Raoult zu den genannten, von van't Hoff theoretisch begründeten Gesetzen führten, an Lösungen indifferenter organischer Verbindungen in Wasser oder organischen Lösungsmitteln angestellt wurden. Eine grosse Zahl von Substanzen in ihren wässrigen Lösungen, nämlich die Salze, Säuren und Basen, und zwar insbesondere solche anorganischer Natur, zeigt ein von jenen Gesetzen abweichendes Verhalten, welches der allgemeinen Anerkennung der van't Hoffschen Theorie anfangs Schwierigkeiten machte. Die Grössen P, $(p-p_1)/p$, $t-t_0$ und $\vartheta_0-\vartheta$ erweisen sich nämlich sämtlich höher, als es der Theorie entspricht. Erstere beiden sind indessen nicht genau genug bestimmbar, um eine etwaige Gesetzmässigkeit ihrer Abweichungen erkennen zu lassen. Denn einerseits ist die Kupferferrocyanidmembran für jene Substanzen bei so hohen Drucken, wie sie sich ergaben, nicht mehr völlig semipermeabel, andrerseits sind die Unterschiede der Dampfspannungen wässriger Lösungen zu gering. Wohl aber haben die Ermittelungen des Siedepunkts und Gefrierpunkts weitere Aufschlüsse gebracht. Zunächst mögen die Resultate einiger nach Abschnitt III ausgeführten Versuche in den Tabellen VIII und IX zusammengestellt werden, in denen dieselben Bezeichnungen beibehalten sind wie früher.

---

mittelte, die den empirischen gleichkommen. Man denke sich folgenden Kreisprozess. Eine Lösung von n g-Mol. Substanz in einer sehr grossen Anzahl N g-Mol. Lösungsmittel habe die Temperatur ϑ_0^0. Sie werde auf ϑ^0 abgekühlt. Es möge ihr dann noch so viel Wärme entzogen werden, dass N/n g-Mol. Lösungsmittel, also diejenige Menge, auf welche in der ursprünglichen Lösung 1 g-Mol. Substanz kam, ausfrieren. Dadurch werden $N/n \,.\, M\omega$ g-cal. bei ϑ^0 frei, wenn ω die latente Schmelzwärme bei ϑ^0 ist. Die gefrorene Menge des Lösungsmittels denke man sich ferner aus der Lösung abgeschieden. Sie möge nun auf ϑ_0^0 erwärmt werden und schmelzen. Da die latente Schmelzwärme ω' bei ϑ_0^0 grösser ist als die bei der geringeren Temperatur ϑ^0, so ist

$$\frac{N}{n} M\omega' > \frac{N}{n} M\omega.$$

Wenn schliesslich jene Menge des Lösungsmittels von der übrigen Lösung durch eine semipermeable Membran osmotisch aufgenommen wird, so ist das Anfangsstadium wieder erreicht. Dieser Kreisprozess ist auch in umgekehrter Richtung möglich. Denn man kann sich vorstellen, dass man bei ϑ_0^0 aus der Lösung vermöge eines Stempels N/n g-Mol. Lösungsmittel durch eine semipermeable Membran hindurchpresse, bei ϑ_0^0 gefrieren lasse, nebst der Lösung auf ϑ^0 abkühle und wieder in die Lösung bringe, in der es schmelze. Würde nun das Ganze auf ϑ_0^0 erwärmt, so wäre der Kreisprozess wiederum geschlossen.

Im ersten Fall sind $N/n \,.\, M\omega'$ g-cal. von ϑ_0^0 auf ϑ^0 reduciert, und es ist die Arbeit $PV = 2\,T_0'$ g-cal. gewonnen, wenn P der osmotische Druck der Lösung und V dasjenige Volumen des Lösungsmittels ist, welches ausfror und osmotisch wieder aufgenommen wurde. Im zweiten Fall wird die nämliche Arbeit aufgewendet, und $N/n\, M\omega$ g-cal. werden von ϑ^0 auf ϑ_0^0 gehoben.

Fasst man weiter den ersten Fall ins Auge, so gilt die Gleichung:

$$2\,T_0' : N/n \,.\, M\omega' = \vartheta_0 - \vartheta : T_0',$$

Tab. VIII.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Substanz auf 100 g Wasser	l	$t-t_0$	$\frac{t-t_0}{l}$	m	$S=m\frac{t-t_0}{l}$	$i=\frac{S}{5,2}$	$i''=1+(z-1)\frac{\lambda}{\lambda_\infty}$	$\alpha=\frac{i-1}{z-1}$	$\alpha''=\frac{\lambda}{\lambda_\infty}$
Natriumchlorid	5,85	0,94	0,160	58,5	9,36	1,80	1,82	0,80	0,82
	8,80	1,40	0,159		9,30	1,78		0,78	

Tab. IX.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Substanz auf 100 g Wasser	l	$\vartheta_0-\vartheta$	$\frac{\vartheta_0-\vartheta}{l}$	m	$G=m\frac{\vartheta_0-\vartheta}{l}$	$i'=\frac{G}{18,5}$	$i''=1+(z-1)\frac{\lambda}{\lambda_\infty}$	$\alpha'=\frac{i'-1}{z-1}$	$\alpha''=\frac{\lambda}{\lambda_\infty}$
Natriumchlorid	5,83	3,5	0,598	58,50	34,98	1,89	1,82	0,89	0,82
	8,80	5,2	0,591		34,51	1,87		0,87	
Kaliumchlorid	6,00	2,7	0,442	74,58	32,97	1,78	1,86	0,78	0,86
	10,00	4,4	0,440		32,81	1,77		0,77	
Calciumchlorid $CaCl_2 . 6$ aq.	21,90	5,2	0,237	219,98	51,90	2,69	2,50	0,84	0,75

Wie man aus den Zahlen der Columnen 4 ersieht, nehmen wiederum die Werte $t-t_0$ und $\vartheta_0-\vartheta$ für jede Substanz proportional der Concentration zu. Auch stimmen die molekularen Gefrierpunktserniedrigungen G (Columne 6) für die Lösungen von Natrium- und Kaliumchlorid überein. Vergleicht man aber die Werte S und G mit denen der Tabellen IV und V, so sind sie sämtlich grösser als dort. Welches Multiplum sie von den Normalwerten 5,2 bezw. 18,5 sind, erfährt man, wenn man sie durch 5,2 bezw. 18,5 dividiert. Die so erhaltenen Zahlen (Columne 7) hat van't Hoff mit i bezeichnet. Es hat sich nun herausgestellt, dass die Werte i für jede einzelne Substanz bei wachsender Verdünnung zu-

---

denn nach dem zweiten Hauptsatz verhält sich, wenn eine Wärmemenge in einem umkehrbaren Kreisprozess Arbeit leistet, der in Arbeit verwandelbare Anteil dieser Wärme zur gesamten aufgenommenen Wärme wie das Temperaturgefälle zu der absoluten Temperatur, bei welcher das System die Wärme aufnahm. Aus jener Gleichung folgt

$$\vartheta_0-\vartheta=\frac{2\,n\,T_0'^2}{M N \omega'}.$$

Ist aber 1 g-Mol. Substanz in 100 g Lösungsmittel gelöst, so ist

$$\vartheta_0-\vartheta=\frac{0{,}02\;T_0'^2}{\omega'},$$

worin T_0' den absoluten Gefrierpunkt des Lösungsmittels und ω' die latente Schmelzwärme für 1 g desselben bedeutet. Diese für $\vartheta_0-\vartheta$ gefundene Grösse ist nun identisch mit der empirisch gefundenen Grösse G. Setzt man z. B. für Wasser die Werte für $T_0'=273$ und $\omega'=79$ ein, so ist $\vartheta_0-\vartheta=18{,}8$, während die Versuche $G=18{,}5$ ergaben. Eine entsprechende Gleichung hat van't Hoff für die auf 100 g Lösungsmittel bezogene molekulare Siedepunktserhöhung abgeleitet, nämlich

$$t-t_0=\frac{0{,}02\;T_0^2}{w},$$

worin T_0 den absoluten Siedepunkt des Lösungsmittels und w die latente Verdampfungswärme ist. Auch diese Gleichung genügt den Ergebnissen der Versuche.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass man aus jenen beiden Gleichungen mit Hilfe der empirischen Werte G bezw. S die Grössen ω' und w berechnen kann, und dass sich die so erhaltenen Werte denen der direkten Versuche als gleich erwiesen haben.

nehmen und schliesslich in die ganzen Zahlen 2, 3, 4 .... übergehen, und dass sie ferner für Stoffe von ähnlicher Zusammensetzung gleich sind, nämlich für die Säuren $\overset{I}{H}\overset{I}{A}$, die Basen $\overset{I}{B}\,\overset{I}{OH}$ und die Salze $\overset{I}{A}\overset{I}{B}$ die Zahl 2, für die Säuren $\overset{I}{H}_2\overset{II}{A}$, die Basen $\overset{II}{B}(\overset{I}{OH})_2$ und die Salze $\overset{I}{A}_2\overset{II}{B}$ und $\overset{II}{A}\overset{I}{B}_2$ die Zahl 3 ergeben, und zwar ist es hierbei gleichgültig, ob die i-Werte nach der Methode des osmotischen Druckes oder derjenigen des Dampfdruckes, Siedepunkts oder Gefrierpunkts ermittelt werden. Da die Grössen $(p - p_1)/p$, $t - t_0$ und $\vartheta_0 - \vartheta$ den P-Werten proportional sind, so musste van't Hoff die allgemeine Gleichung in der Form $PV = iRT$ schreiben. Die Lösungen aller jener Substanzen verhalten sich demnach so, wie wenn eine grössere Anzahl von Molekeln vorhanden wäre, als der Concentration entsprechen würde.

Um diese Erscheinungen zu erklären, lag es hinsichtlich der Analogie der Lösungen und Gase nahe, eine Dissociation der Molekeln der gelösten Substanzen anzunehmen. Hatte man doch auch die Anomalien gewisser Gase, wie Stickstoffperoxyd und Phosphorpentachlorid, die gegen die Avogadrosche Regel einen zu hohen Druck zeigen, durch die Annahme einer Dissociation befriedigend erklärt. Indessen hätte man sich wohl schwerlich dazu entschlossen, diesen Ausweg für die Lösungen zu benutzen, wenn nicht die betreffenden Substanzen gleichzeitig Elektrolyte wären, und die Theorie der Elektrolyse nicht auch jene Forderung gestellt hätte. In der That treten die abnormen Siedepunkts- und Gefrierpunktserscheinungen nur auf, wenn die Lösungen den galvanischen Strom leiten. Die Lösungen von Natriumacetat in Äther und von Kaliumchlorid in Alkohol verhalten sich gerade so normal, wie die wässrigen Lösungen von Zucker oder Harnstoff, d. h. der Faktor i ist $= 1$. Sobald aber jene Salze in Wasser gelöst, also Stromleiter sind, nimmt der Faktor i bei gehörigen Verdünnungen den Wert 2 an.

Arrhenius gebührt das Verdienst, auf diesen Umstand zuerst, und zwar im Jahre 1887, hingewiesen zu haben (*Zeitschr. für physik. Chemie 1887, S. 630*), und seine Theorie der elektrolytischen Dissociation fand ihre hauptsächlichste Stütze dadurch, dass sich die aus der Leitfähigkeit abgeleiteten Werte von i den van't Hoffschen nahezu gleich zeigten. Die Zahl i giebt offenbar das Verhältnis der Anzahl der in der Lösung wirklich vorhandenen Molekeln zu derjenigen Zahl an, in welcher die Molekeln hätten vorhanden sein müssen, wenn keine Dissociation eingetreten wäre. Wenn nun n g-Mol. Substanz abgewogen und in Wasser gelöst werden, wenn ferner der Dissociationscoefficient α den Bruchteil von n bezeichnet, der die Dissociation erfährt, und z die Zahl der Teilmolekeln bedeutet, in welche eine Molekel der Substanz zerfällt, so befinden sich in der Lösung $n - n\alpha$ ganze Molekeln und $zn\alpha$ Teilmolekeln. Mithin ist

$$i = \frac{n - nz\alpha + zn\alpha}{n} = 1 + (z - 1)\,\alpha,$$

und da $\alpha = \lambda/\lambda_\infty$ ist, wenn λ die molekulare Leitfähigkeit bei endlicher und λ_∞ die bei unendlicher Verdünnung darstellt, so folgt aus der Leitfähigkeit der Lösungen

$$i = 1 + (z - 1)\,\frac{\lambda}{\lambda_\infty}.$$

In den Columnen 8 der Tabellen VIII und IX sind diese i'' genannten Werte angeführt. Sie sind denen in den Columnen 7 nahezu gleich, und die Übereinstimmung wäre noch vollkommener, wenn S und G mit Hilfe verdünnterer

Lösungen festgestellt wären. Dasselbe gilt von den Werten für α, wenn sie einerseits mit Hilfe der van't Hoffschen Faktoren i nach der Gleichung

$$\alpha = \frac{i-1}{z-1},$$

andererseits nach der Gleichung $\alpha = \lambda / \lambda_\infty$ berechnet werden (s. Columnen 9 und 10). Was die sachliche Bedeutung der Grössen α anbetrifft, so sei daran erinnert, dass der hundertfache Wert von α die Anzahl der Molekeln der Substanz angiebt, die von je 100 Molekeln dissociiert sind. Die Zahl 0,89 für Natriumchlorid besagt also, dass in der betreffenden Lösung 89 % der Molekeln zerfallen sind. Die Teilmolekeln einer binären Substanz müssen nun unbedingt mit den Ionen identisch sein, und aus der Übereinstimmung der nach obigen beiden Methoden ermittelten i-Werte muss die Identität der Teilmolekeln und Ionen auch für sämtliche anderen elektrolytischen Substanzen gelten. Auch spricht hierfür die aus den Tabellen VIII und IX zu ersehende Erscheinung, dass der Dissociationsgrad mit der Concentration abnimmt, wie auch aus den Thatsachen der Leitfähigkeit gefolgert werden muss.

Arrhenius hat also das besondere, von dem van't Hoffschen Gesetz auf den ersten Blick abweichende Verhalten der wässrigen Lösungen der Elektrolyte im Sinne jenes Gesetzes selbst erklärt und auf diese Weise nicht allein die Gültigkeit der Avogadroschen Regel für elektrolytische Lösungen, sondern auch die Richtigkeit seiner Dissociationstheorie bewiesen.

Das Ampèresche Gestell als Universalapparat.

Von

Bruno Kolbe in St. Petersburg.

Die althergebrachte Form des Ampèreschen Gestells, bei welchem die beweglichen Stromleiter an Stahlspitzen in eisernen Quecksilbernäpfchen hängen, hat bekanntlich so viele Mängel, dass man, nach etlichen Versuchen den eigensinnigen Apparat in Thätigkeit zu setzen, auf seine Anwendung verzichtet und in anderen Instrumenten Ersatz sucht. Der Mühlenbeinsche Apparat (d. Zeitschr. *I 202*) hat keine Launen und kann, wie ich früher (a. a. O. *III 298*) erwähnte, leicht aus einem Rühmkorffschen Stromwender in wenigen Minuten kostenlos hergestellt werden, doch ist seine Anwendungsweise beschränkter, als die des Ampèreschen Gestells, insbesondere ist er nicht geeignet, die Richtkraft des Erdmagnetismus auf bewegliche, stromdurchflossene Leiter zur Anschauung zu bringen. Zwar sind in neuerer Zeit wesentliche Verbesserungen an dem Ampèreschen Gestell angebracht worden; so z. B. von Weinhold (*Vorschule zur Exper.-Phys. S. 447*), Salzmann (d. Zeitschr. *V 202*), Raps (daselbst *VII 114*), dessen Construktion jedoch für Schulzwecke zu compliziert sein dürfte, u. a.; doch habe ich keine Beschreibung eines Instrumentes dieser Art gefunden, wo die Construktion einfach und zugleich vielseitig verwendbar ist. Da nun das von mir eigenhändig mit sehr geringen Unkosten hergestellte Ampèresche Gestell durch seine vorzügliche Wirkung den Beifall meiner hiesigen Fachgenossen gefunden hat[1]) und in einfachster Weise zu einem brauchbaren Multiplikator gemacht werden kann, so glaube ich, dass die Beschreibung des Apparates manchem Fachkollegen nicht unwillkommen sein wird.

[1]) Demonstriert in der November-Sitzung der phys. Sektion des pädag. Museums der Militair-Lehranstalten zu St. Petersburg, 1891.

Ein Brett von 50 cm Länge und 20 cm Breite (A Fig. 1), das nach dem Abhobeln mehrfach mit siedendem Paraffin bestrichen und, noch warm, blank gerieben ist, trägt einen hölzernen Ständer (*h*) von 40 bis 50 cm Länge. Durch eine Öffnung, nahe am oberen Ende, ist ein Arm aus starkem Messingdraht (*a*) durchgeschoben, der sich mit starker Reibung drehen lässt. Das eine Ende ist zu einem Haken gebogen, an den beim Nichtgebrauch Utensilien, wie Drahtrahmen, das Solenoid u. s. w. angehängt werden können. An das andere Ende ist ein Neusilberdraht gelötet, der eine Öse (*o*) bildet, die nach oben gebogen ist, also bei einer Drehung des Armes (*a*) um seine Axe eine kleine seitliche Verschiebung zulässt. Mitten auf dem Brett ist eine Holzschiene (*s*) befestigt, auf die kleine Holzschlitten geschoben werden können. Einer dieser Schlitten trägt den Quecksilbercontaktbecher (B Fig. 1) und kann durch eine Schraube festgestellt werden. Die Glasröhre, welche die innere Quecksilbersäule enthält, hat 12 mm im Lichten und ist am oberen Rande so stark verengt, dass der eintretende Draht (B Fig. 1) gerade bequem Spielraum hat, aber gezwungen ist in den mittleren Teil der Quecksilberkuppe einzutauchen. Ohne diese Vorsichtsmaassregel wird der Draht an den Rand der Röhre gepresst, wodurch die Reibung sehr vermehrt wird. In Weinholds Apparat (s. o.) ist dieses berücksichtigt, in dem Salzmannschen aber nicht, soweit man aus der Abbildung ersehen kann (*a. a. O. S. 203, Fig. 2*). Im Texte ist nur gesagt, dass die innere Höhlung einen Durchmesser von $2^1/_2$ cm hat, was nach meinen Versuchen — ohne Verengerung des Röhrenrandes — nicht genügt.

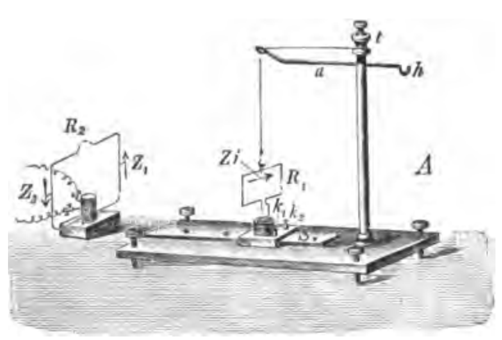


Fig. 1 A.

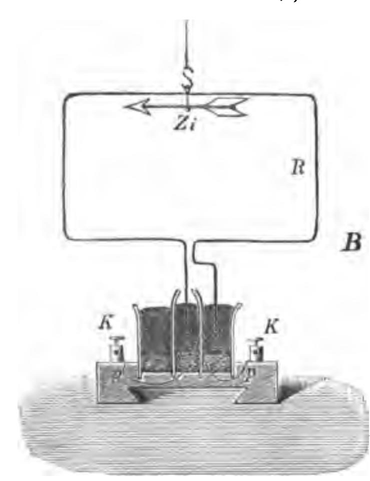


Fig. 1 B.

Oben ist im Holzständer eine Schraube eingesetzt, auf welche eine Holzrolle (*t*) geschoben ist, die durch eine Schraubenmutter fixiert werden kann. In diese Trommel ist ein feines Loch gebohrt und dahinein das Wurzelende eines schlichten Frauenhaares[2]) gesteckt und durch ein Holzstiftchen befestigt. Darauf ist das Haar durch die Öse (*o*) geführt und mit einem Häkchen aus feinem Neusilberdraht versehen, worauf, durch Drehung der Rolle, das Haar aufgewickelt ist, bis der Haken die nötige Höhe hat. Da der Öse eine seitliche Verschiebung gegeben werden kann (s. o.) und der Contaktbecher in der Längsrichtung des Brettes verschoben wird, so lässt sich immer erreichen, dass der gerade Draht des beweglichen Leiters (B Fig. 1) gerade über der Röhrenöffnung schwebt; dann senkt man ihn durch Drehung der Rolle soweit, bis beide Drahtenden eben eintauchen, worauf die Schraubenmutter angezogen wird.

---

[2]) Haar ist leichter zu beschaffen und zu behandeln als Coconfäden, dabei stärker und genügt für vorstehenden Zweck vollkommen.

1. Das Ampèresche Gestell.

Wie Fig. 1 A zeigt, ist der feste Leiter R_2 durch einen kurzen Holzstab geführt, der auf seinem Schlitten drehbar befestigt ist, so dass jede der mit einem Stromrichtungs-Zeiger ($Z_1 Z_2$) versehenen vertikalen Seiten des Drahtrahmens dem beweglichen Leiter (R_1) zugekehrt werden kann. Dieser ist ebenfalls mit einem drehbaren Pfeil versehen, um die Stromrichtung zu markieren. Natürlich kann der feste Leiter (R_2) soweit herangeschoben werden, dass die Mittelpunkte beider Drahtrahmen zusammenfallen, indem der Draht (R_2) oben und unten ausgebogen ist. Da der feste Leiter auch von der anderen Seite herangebracht werden kann, so ist ein Stromwender nicht erforderlich, was — insbesondere bei den ersten Demonstrationen — von Vorteil ist, da die Aufmerksamkeit der Schüler nicht unnütz abgelenkt wird. Aus diesem Grunde wende ich gerne (bei Schülern) möglichst wenig verschiedenartige Apparate an und suche lieber ein schon bekanntes Instrument durch Beseitigung gerade unnötiger, und Einstellung erforderlicher Teile dem vorliegenden Zwecke anzupassen, denn die Erfahrung zeigte mir, dass die Aufmerksamkeit der Zuhörer dann mehr auf die neu hinzugekommenen, also wichtigen Teile des Apparates concentriert wird. (Aus diesem Grunde verwende ich auch nicht den Mühlenbeinschen Apparat als besonderes Gestell, sondern setze ihn, wie oben erwähnt, ad hoc zusammen, obgleich er im Kabinett vorhanden ist).

Die Empfindlichkeit des beschriebenen Ampèreschen Gestells genügt, um bei zwei Bunsenschen Chromsäure-Elementen die Richtkraft des Erdmagnetismus auf einen Drahtrahmen (von einer einzigen Windung) zu zeigen; beim Solenoid ist die Wirkung natürlich noch stärker. Hierbei muss ich aber bemerken, dass sich Rahmen und Solenoid aus Aluminiumdraht bei mir schlechter bewährt haben, als solche aus hartem Kupferdraht. Aluminium giebt, auch frisch abgerieben, mit Quecksilber einen schlechten Contakt und lässt sich so schwer löten, dass die käuflichen Apparate meist mit vernieteten Kupfer- oder Platin-Enden versehen sind. Die Nietstelle giebt aber keinen Contakt auf die Dauer. In neuerer Zeit werden von einigen Mechanikern (s. w. u.) bewegliche Stromleiter aus Aluminium mit eingeschraubten Silberspitzen geliefert, welche sich gut bewähren sollen.

2. Das Gestell als Multiplikator und als Tangens-Bussole.

Der Contaktbecher wird durch ein einfaches Glasröhrchen ersetzt, in welches der dünne, steife Neusilberdraht eintaucht, an welchem der kurze Magnet (B Fig. 2) befestigt ist, hierdurch wird das lästige Pendeln der Nadel beseitigt. Oberhalb des Magnets ist um den Neusilberdraht ein Aluminiumdraht (*d*) mit den Enden geschlungen, nachdem sein mittlerer Teil zu einer horizontalen Locke von 3 bis 4 Windungen gewickelt worden. Durch diese wird ein Strohhalm gesteckt, der am dünnen Ende mit einem Papierzeiger versehen und am kürzeren Ende durch einen aufgeschobenen Kork ins Gleichgewicht gebracht ist. (Besser, aber kostspieliger und nicht überall zu beschaffen, ist ein dünnwandiges Aluminiumrohr von 2 bis 3 mm Dicke.) Da dieser Zeiger um den Neusilberdraht gedreht werden kann, lässt sich der etwa 25 cm lange Zeiger immer so stellen, dass er über der Teilung (*S* bei A Fig. 2) spielt, die auf einem gekrümmten Zinkblech, das aussen mit Papier beklebt worden, aufgetragen ist und den Zuschauern zu-

gekehrt wird. Der kurze Ständer, welcher die Skala[3]) trägt, kann auf einen Schlitten gesetzt oder auf einem besonderen Brettchen befestigt und seitwärts aufgestellt werden. Der Schlitten mit dem Drahtrahmen wird von der anderen Seite herangeschoben und der Multiplikator ist fertig! Bequem ist es, wenn man mehrere Schlitten mit verschiedenen Drahtrahmen (1, 5, 25 Windungen) vorrätig hat, um die Wirkung der vermehrten Windungszahl demonstrieren zu können. Bei der (in A Fig. 2) angegebenen Form des Magnets kann dieser sehr kurz genommen werden, z. B. 3 cm von einer Biegung zur andern, sodass ein Drahtrahmen von 20 cm Durchmesser die Wirkungsweise der **Tangens-Bussole** zu demonstrieren gestattet. Gute Magnete für diesen Zweck erhielt ich aus stärksten Klaviersaiten, die kalt gebogen werden können und nach dem Härten sich stark magnetisieren lassen. (Auch dünne zerbrochene Tangenten-Speichen von Fahrrädern sind sehr brauchbar.)

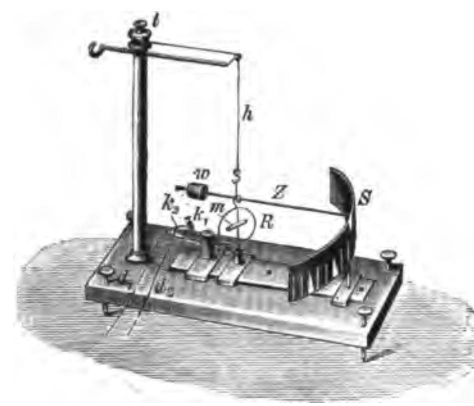


Fig. 2 A.

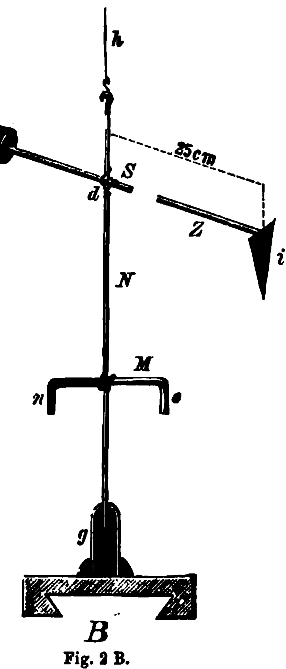


Fig. 2 B.

Rückt man den 20 cm-Ring so weit ab, dass sein Abstand von der Drehungsaxe der Magnetnadel 5 cm (d. h. $^1/_4$ des Ringdurchmessers) beträgt, so hat man ein sehr brauchbares **Modell einer Tangenten-Bussole** nach Helmholtz-Gaugain, und kann direkt eine **Tangenten-Skala** auf dem Schirm anbringen und zur Messung der Stromstärke verwenden.

3. Das Gestell als empfindliches Galvanometer mit astatischer Nadel und Kupfer-Dämpfung.

Als astatische Nadel (B Fig. 3) benutze ich eine vereinfachte Hempel'sche (d. Zeitschr. *1 165*). Anstatt die Magnete zu verlöten, wie Hempel empfiehlt, feile ich, nach dem Biegen, an 3 Stellen der inneren Seite eine feine Rinne ein und mache die später zusammenstossenden Seiten eben. Der Neusilberdraht ist, soweit er zwischen die Magnetstäbchen zu stehen kommt, flach gehämmert und glatt gefeilt und mit den magnetischen Stäbchen vermittelst feinen Kupferdrahtes zusammengeschnürt (der in die ausgefeilten Rinnen zu liegen kommt). Die untere Verlängerung des Neusilberdrahtes taucht auch hier in ein Glasröhrchen mit verengerter Öffnung, um seitliche Schwankungen zu verhindern. — Nachdem die Stellung der astatischen Nadel über dem Röhrchen bei angelegtem Strohhalm-Zeiger (A Fig. 3)

[3]) Als **Skala** kann hier einfach eine **Centimeterteilung** auf Papier dienen, wo die Teilpunkte 0, 3, 9 u. s. w. mit roten, die übrigen mit schwarzen Dreiecken markiert sind. Noch zweckmässiger ist natürlich eine Aichungsskala, wenigstens für das Modell der Tangenten-Bussole.

regeliert worden, schiebt man die Schlitten mit den beiden Doppelrahmen[4]) heran, die mit je 50 Windungen Kupferdraht von 1 mm Stärke versehen sind (also 200 im Ganzen). Da bei der Anwendung der astatischen Nadel der Strom in den beiden oberen Rahmen in umgekehrtem Sinne kreisen muss, wie in den unteren, so ist zur leichteren Orientierung bei jeder Drahtrolle dasjenige Ende, durch welches der Strom eintreten soll, rot bewickelt. Mit Hilfe einiger kleiner vernickelter Pressklemmen lassen sich die Drähte, an welche passend geformte vernickelte Blechstreifen gelötet sind, bequem unter einander oder mit den beiden Doppelpressklemmen der Schlitten verbinden. (In Fig. 3, A sind k_1 und k_2 leider als gewöhnliche Schraubenklemmen gezeichnet). Um den Rollenwiderstand einigermassen dem der Stromquelle anzupassen, kann man die 4 Rollen verschieden schalten. Es sei der Widerstand jeder einzelnen Rolle $= w$, so ergiebt sich: I. Alle vier Rollen hintereinander geschaltet (Widerstand $= 4\,w$); II. Das obere Rollenpaar dem unteren parallel (Widerstand $= 2\,w/2 = w$); III. Alle vier Rollen parallel (Widerstand $= w/4$). Letztere Schaltungsweise ist bei einem Thermo-Element oder einer Induktionsrolle von kleinem Widerstande besonders wirksam.

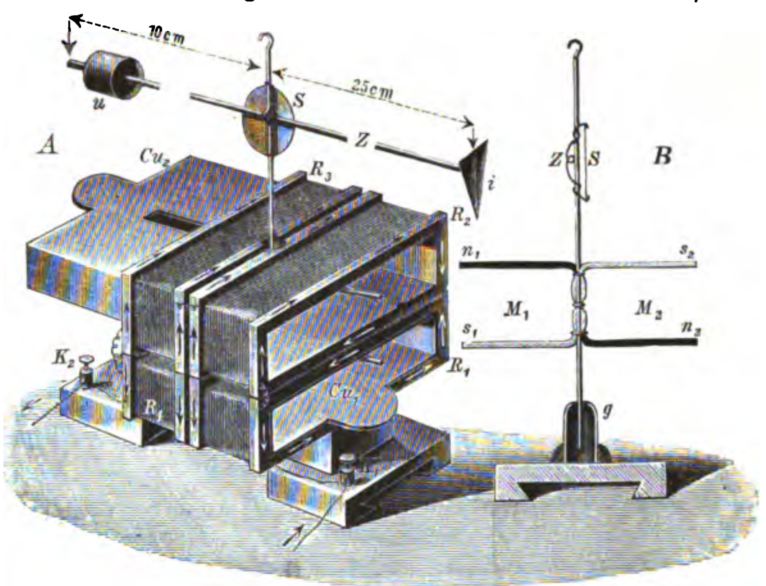


Fig. 3 A. Fig. 3 B.

In die obere und die untere Höhlung der Rahmen wird je eine Hülse aus ca. 4 mm dickem Kupferblech (Cu_1 Cu_2 Fig. 3) geschoben, welche mit Schlitzen versehen und deren Länge gleich der doppelten Breite der Einzelrahmen ist. Noch wirksamer sind — nach einem Versuch des Präcisionsmechanikers G. Lorenz (O. Haase) in Chemnitz — Rahmen, welche aus dickem elektrolytischen Kupfer ausgefräst, mit Ebonit-Seitenwänden versehen und direkt bewickelt sind. Die hierdurch erzielte Kupferdämpfung ist genügend stark, um die Nadel fast ohne Schwingungen zum Einstellen zu bringen. Da beide Hälften der astatischen Nadel vom Strome ganz umkreist werden, so ist die Empfindlichkeit dieses Gal-

[4]) Die Rahmen lassen sich in folgender Weise leicht herstellen: Ein glattes Holzbrett mit abgerundeten Längskanten ($20 \times 8 \times 1{,}5$ cm) wird zuerst mit einer Lage dünnen Stanniols belegt und dann ein 16—17 cm breiter Streifen von dünnem, festem Karton herumgewickelt (3—4 Lagen) und festgeleimt (das Stanniol verhindert das Haften am Brett). Nach dem Trocknen schiebt man die aus festem Holz mit der Laubsäge ausgesägten Seitenbretter auf, leimt sie an der richtigen Stelle fest und schneidet den Karton an der äusseren Fläche der Seitenbrettchen glatt ab. Das Aufwickeln des umsponnenen Drahtes geschieht am besten, wenn der Rahmen auf das Brett geschoben ist. An die Seitenbrettchen der unteren Rahmen wird in der Mitte ein rechtwinklig gebogenes Stück Messingblech festgeschraubt, welches nachher an das Klötzchen des Schlittens mit Holzschrauben befestigt wird.

vanometers verhältnismässig sehr gross und genügt zum Nachweis thermo-elektrischer Ströme oder der magnet-elektrischen Induktion nach Szymański (d. Zeitschr. *VII. 10*). Die Empfindlichkeit kann noch gesteigert werden, wenn man statt des Zeigers einen leichten Spiegel (*S* Fig. 3) anbringt. Einen solchen liefert ein versilbertes Deckgläschen für mikroskopische Präparate, das mit weichem Wachs an dem Neusilberdraht befestigt werden kann. (Für diese feineren Versuche muss ein Schutzkasten angewandt werden.)

Lässt man den Strom in den oberen und unteren Rollen in gleicher Richtung kreisen, so darf — bei gleicher Windungszahl und gleichem Widerstande der Rollen — die astatische Nadel keinen Ausschlag zeigen. Schaltet man die oberen und die unteren Rollenpaare parallel (s. o. *II.*), so lässt sich leicht durch entsprechende Einschaltung eines feinen Neusilberdrahtes (zwischen den beiden Rollen, deren Widerstand kleiner ist) der Ausschlag = 0 erzielen. Nun kann man leicht eine sehr genaue und bequeme Widerstandsmessung in der Weise vornehmen, dass man den zu bestimmenden Draht in den Stromkreis des einen Rollenpaares, z. B. des oberen, einschaltet und in den Stromkreis der anderen Rollen bekannte Widerstände zufügt, bis die Nadel wieder auf Null steht. Da hierbei derselbe Strom gleichzeitig durch beide Leiterzweige fliesst, so ist kein constantes Element erforderlich.

Oft ist die geringe Richtkraft der astatischen Nadel unbequem. Dann kann man eine Nadel mit zwei gleichgerichtet parallelen Magnetnadeln anwenden und erhält einen recht empfindlichen Multiplikator mit Kupferdämpfung. (Natürlich muss die Stromrichtung hierbei in allen 4 Rollen die gleiche sein.)

Ist auch das beschriebene „Universalgestell“ recht primitiv, so genügt es doch für den Schulgebrauch vollständig und kann bei einiger Sorgfalt vom Lehrer selbst mit geringen Unkosten hergestellt werden.

Die Mechaniker G. Lorenz und Max Kohl in Chemnitz, Ferdinand Ernecke in Berlin und O. Richter in St. Petersburg liefern das Universalgestell vollständig in eleganter Ausstattung (mit 1 Schutzkasten und 1 Aufbewahrungskasten) für Mark 135,—, und zwar a) das Gestell allein Mark 25,—; b) Teile zum Ampèreschen Gestell Mark 30,—; c) Teile zum Modell eines Multiplikators und einer Tangensbussole Mark 32,—; d) Teile zum empfindlichen Galvanometer Mark 36,—. (Die Extra-Doppelnadel wird mit Mark 8,— berechnet.)

Hermann von Helmholtz.

Ein Gedenkwort.

Am 8. September 1894 ist Hermann von Helmholtz gestorben, nachdem er eben sein vierundsiebzigstes Lebensjahr angetreten hatte. Der äussere Gang seines Lebens ist den Lesern dieser Zeitschrift nicht fremd, ebenso wenig die fast unübersehbare Menge hervorragender Leistungen, die ihm die Unsterblichkeit sichern. Auch ziemt es uns nicht, eine Würdigung dessen zu wagen, was seine Lebensarbeit für die Wissenschaft und deren weitere Entwicklung bedeutet. Wir empfinden es gleichwohl als eine Pflicht, des grossen Todten an dieser Stelle zu gedenken, indem wir den Versuch machen, uns die Eigenart seines Schaffens und seiner Persönlichkeit zu verdeutlichen.

Wiederholt hat sich Helmholtz über Aufgabe und Ziel der Naturforschung ausgesprochen. Schon in dem Aufsatz über die Erhaltung der Kraft vom Jahre 1847 heisst es, die Wissenschaft, deren Zweck es sei, die Natur zu begreifen, müsse von der Vor-

aussetzung ihrer Begreiflichkeit ausgehen. „Begreifen aber heisst Begriffe bilden.“ „Der allgemeine Begriff, unter dem sich eine Reihe von gleichartig ablaufenden Naturvorgängen zusammenfassen lässt, ist das Gesetz der Erscheinungen.“ Seinem eigenen Geständnis nach war bei HELMHOLTZ der Trieb, die Wirklichkeit durch den Begriff zu beherrschen, in leidenschaftlicher Stärke entwickelt. Die Intensität dieses Triebes war Schuld, dass er keine Ruhe bei scheinbaren Auflösungen eines Problems fand, so lange er darin noch dunkle Punkte fühlte. Dieser Trieb entspricht dem, was sonst wohl als Causalitätstrieb bezeichnet worden ist. Aber es ist bedeutsam für den strengen Wirklichkeitscharakter seines Denkens, dass HELMHOLTZ den Begriff der Ursache in dem gewöhnlichen Sinne des Worts immer mehr aus seinem Gedankenkreise zurückdrängte. Er traf darin mit seinem grossen Forschungsgenossen GUSTAV KIRCHHOFF zusammen, der in der Grundlegung seiner Mechanik den herkömmlichen Begriff der Naturerklärung völlig durch den der Beschreibung ersetzte. Nicht mehr um die Entdeckung des ursächlichen Zusammenhangs der Erscheinungen handelte es sich für HELMHOLTZ, sondern um das Gesetz, nach dem sich der Wandel der Energieformen in fast unübersehbarer Mannigfaltigkeit vollzieht. Er selber hat stets neidlos anerkannt, dass ROBERT MAYER dieses Gesetz vor ihm aufgestellt hat. In dem Streben aber, dies Gesetz in seiner allumfassenden Geltung immer vollkommener zu verstehen, drang er, den kühnsten Eroberern der Geschichte vergleichbar, von Problem zu Problem, und von Lösung zu Lösung, bis in entlegene Höhen des Forschens, wohin ihm nur wenige congeniale Geister noch zu folgen vermochten.

Das Zaubermittel, durch das allein die scharfe und genaue Fassung eines Naturgesetzes möglich ist, die mathematische Analysis, verstand HELMHOLTZ mit einer Kunst zu handhaben, die um so bewundernswerter ist, als er zumeist abseits von den Methoden, die die Mathematik bereits erschlossen, sich als Autodidakt seine eigenen Wege bahnte. Dadurch vermochte er dem Gesetz der Krafterhaltung eine so klare und bestimmte Form zu geben, dass es als Grundlage für alle weitere physikalische Forschung dienen konnte. Und wohin sich späterhin sein nie rastender Erkenntnistrieb wandte, zu den Problemen der Nervenphysiologie, der Optik, Akustik und Elektricitätslehre, zu den chemischen Erscheinungen wie zu den Vorgängen im Luftmeer, überallhin brachte er mit der Kraft seines mathematisch strengen Denkens Licht und Ordnung. Dabei gelang ihm, nach seinem eigenen Zeugnis, die Lösung der schwierigsten Probleme „fast immer nur durch allmählich wachsende Generalisationen von günstigen Beispielen“. Hierin ist das Geheimnis der Helmholtzischen Forschungsmethode enthalten. Ja es möchte fast scheinen, als ob für die rein analytische Forschungsmethode in seinen Leistungen einstweilen ein Höhepunkt erreicht wäre, wenn man sieht, dass gleichzeitig die hervorragendsten Forscher der neueren Zeit, MAXWELL, LORD KELVIN, HEINRICH HERTZ statt dessen die Einführung hypothetischer, der Erfahrung unzugänglicher Analogieen vorziehen. HELMHOLTZ hat in seinem Nachruf auf HERTZ diese neuere Forschungsart gekennzeichnet, und ohne sie abzulehnen, doch seinerseits erklärt, bei der allgemeinsten Darstellung der Thatsachen und ihrer Gesetze, wie sie seiner bisherigen Forschung entsprach, stehen bleiben zu wollen.

Die Erfahrungsthatsachen begrifflich zu bewältigen hatte HELMHOLTZ sich zur Aufgabe gemacht. Eine Seite des gesamten geistigen Bereichs wird hierdurch umfasst. Aber doch nur eine. Ihr steht eine andere gegenüber, die auf dem Vermögen beruht, sich der Thatsachen des äusseren wie des inneren Lebens intuitiv zu bemächtigen. Jenes ist die wissenschaftliche, dieses die künstlerische Hemisphäre des geistigen Lebens der Menschheit. HELMHOLTZ war auch in dieser anderen Hemisphäre kein Fremdling. Ja man darf sagen, er war seiner Anlage nach eine künstlerische Natur. Er weiss dem Maler die verborgenen Motive seines Schaffens, dem Musiker die Grundlagen des ästhetischen Wohlgefallens zu deuten; er wird den nur vom dichterischen Standpunkt aus ganz zu würdigenden naturwissenschaftlichen Arbeiten GOETHES gerecht und erkennt in den tiefsinnigsten Äusserungen Goethischer Poesie die Symbole seiner eigenen Naturauffassung; seine Vorträge und Reden tragen in ihrer vollendeten Form und krystallenen

Durchsichtigkeit des Stils den Stempel künstlerischen Geistes. Aber mehr als das: „Etwas vom Schauen des Dichters muss auch der Forscher in sich tragen“ — so hat Helmholtz selbst bei der Jubelfeier der Heidelberger Universität sich geäussert. Die schöpferische Thätigkeit des wissenschaftlichen Geistes wurzelt in derselben Sphäre des Unbewussten, wie die künstlerische. Die Werke des Genius, welcher Art er auch sei, entspringen aus einem Gefühl von den Dingen und ihren Zusammenhängen, das auch da sicher leitet, wo der begreifende Verstand noch nicht eindringen kann. Helmholtz erzählt von sich, er habe eine Art mechanischer Anschauung in sich entwickelt, er habe gleichsam gefühlt, wie sich die Drucke und Züge in einer mechanischen Vorrichtung verteilen. Aus einem ähnlichen Gefühl allgemeinerer Art erklärt sich auch seine erstaunliche Fähigkeit, stets Probleme auszuwählen, die wenigstens bis zu einem gewissen Grade der Lösung zugängig waren. Auch die glückliche Wahl der Aufgaben ist eine Gabe des Genius. Man hat Helmholtz, um ihn zu ehren, in eine Reihe mit grossen Männern der Vergangenheit gestellt, die sich durch die Breite des Wissens auszeichneten. Zutreffender vielleicht wäre er neben dem Manne zu nennen, der wie kein anderer die wissenschaftliche und die künstlerische Seite der menschlichen Natur in seinem Schaffen vereinigte: neben Lionardo da Vinci. Helmholtz ist die Verkörperung des naturwissenschaftlichen Zeitalters, und zugleich eine der seltenen Verwirklichungen des Ideals harmonischer und dabei schöpferischer menschlicher Geistesbildung. —

Was Helmholtz für den Physikunterricht an unseren Schulen bedeutet, das zeigt schon ein Blick in unsere Lehrbücher, die in allen Abschnitten die Wirkung seines Schaffens erkennen lassen. Die oberste Stelle nimmt, um nur dies eine zu erwähnen, das Energieprinzip ein. Man ist soweit gegangen zu fordern, dass alle physikalischen Erscheinungen nicht blos unter dem Gesichtspunkte dieses Prinzips zu betrachten, sondern aus ihm zu deducieren seien. Aber dies würde dem Geiste Helmholtzens durchaus widersprechen, der „durch allmählich wachsende Generalisationen“ zu der Lösung der schwersten Probleme hinaufstieg. Es muss an dieser Stelle auch seiner Teilnahme an der denkwürdigen Berliner Schulconferenz von 1891 gedacht werden (vgl. diese Zeitschr. *IV 261*). In Übereinstimmung mit seinen damaligen Ausführungen machte Helmholtz später bei festlichem Anlass die Bemerkung: „Ich habe nie eine Untersuchung für fertig gehalten, ehe sie vollständig und ohne logische Lücken schriftlich formuliert vor mir lag.“ Auch dieses Bedürfnis, die Ergebnisse seines Denkens in eine für andere völlig verständliche Form der Mitteilung zu bringen, deutet auf das künstlerische Element in seiner Natur hin. Wir erkennen in diesem Bedürfnis das Grundmotiv seiner bedeutsamen Rede auf der Schulconferenz, die in der Forderung vermehrter Übungen in der schriftlichen Behandlung wissenschaftlicher Gegenstände gipfelte. Dass in dem universalen Bereich des Helmholtzischen Geistes auch der physikalische Unterricht seinen bescheidenen Platz erhalten hat, darf uns mit Stolz und Freude erfüllen. Dieser Unterricht wird seine Aufgabe, an dem Ideal harmonischer Menschenbildung mitzuarbeiten, in immer vollerem Maasse erfüllen, je mehr der Helmholtzische Geist in ihm zur Anerkennung und zur Wirkung gelangt. *P.*

Über singende und empfindliche Flammen.

Von
Professor **Friedrich Brandstätter** in Pilsen.

An singenden Flammen kann man zuweilen höchst merkwürdige Formen wahrnehmen, welche durch schnelle Rotation der Flammenteilchen um die Flammenachse entstanden zu sein scheinen.

Die singende Gasflamme wird in folgender Weise hervorgebracht. An einem Stative wird ein 120 cm langes und $3^1/_2$ cm weites Glasrohr in lotrechter Lage befestigt. In dieses Glasrohr wird ein mit Gas- und Luftregulierungshahn versehener Gasbrenner, dessen Brennrohr mit einer 26 cm langen und 9 bis 10 mm weiten Glasröhre versehen

ist, derart eingeschoben, dass die an der eben erwähnten Glasröhre angezündete, bis auf etwa 1 cm Länge reducierte Gasflamme sich 20 cm über der unteren Mündung des weiten Glasrohres und zwar genau in der Mitte desselben befindet. Sobald nun die Flamme durch weiteres Aufdrehen des Hahnes langsam vergrössert wird, beginnt sie anfangs leise, später stärker zu tönen. Sie nimmt dabei in dem Maasse, als sie grösser wird, die Formen an, welche in Figur 1 bis 4 dargestellt sind. Auf einem bläulichen Postamente *a* erhebt sich ein langgezogener, ebenfalls bläulicher Kegel *b*, der, je länger er mit dem Aufdrehen des Gashahnes wird, desto mehr quergestellte linsenförmige Wülste *c* von mehr rotvioletter Farbe zeigt. Der Ton der Flamme wird dabei immer höher. Das ganze Rotationsgebilde ist von einem sehr lichtschwachen Saume *d* umhüllt, der dem Schleier an der Kerzenflamme entspricht.

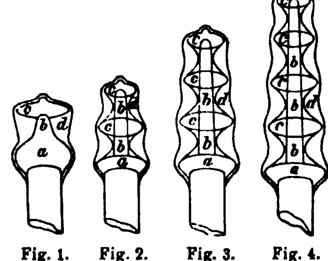


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

Noch zierlicher und merkwürdiger wird die tönende Flamme, wenn man auf den Brenner statt der 10 mm weiten Glasröhre eine solche von nur 6 mm innerem Durchmesser aufgesetzt hat. Die Flamme nimmt auch hier anfänglich die Form der Figur 1 an, entwickelt sich jedoch allmählich zu einem überaus merkwürdigen Gebilde, das in Figur 5 dargestellt ist. Auf dem nicht leuchtenden, bläulichen, seitlich eingeschnürten, über den Rand der Glasröhre übergreifenden Postamente *a* erhebt sich ein leuchtender Stiel *b*, der eine leuchtende Glocke *c* trägt, die um den Stiel in sehr rascher Rotation begriffen zu sein scheint. Das ganze Gebilde ist auch hier von einem lichtschwachen Saume *d* umgeben. Wird die Flamme etwas grösser gemacht, so spitzt sich (Fig. 6) die Glocke zu, später scheinen zwei über einander gestülpte Glocken um den Stiel zu rotieren, was Figur 7 andeutet, und endlich nimmt das Gebilde die in Figur 8 dargestellte Form an.

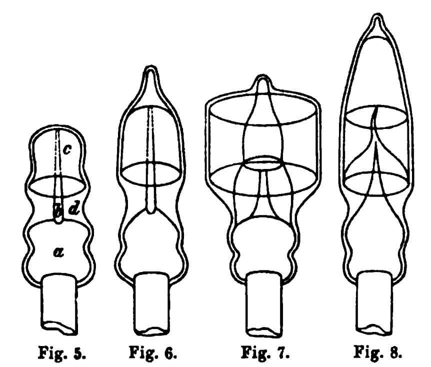


Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8.

Eine zwar nicht tönende, dafür aber höchst empfindliche, weil frei in der Luft schwebende Flamme hat der Verfasser in folgender Weise hervorgebracht. Um seinen Schülern das Prinzip der Erzeugung des sogenannten Luftgases, d. h. eines mit Kohlenwasserstoffdämpfen gesättigten Luftstromes, der für Leuchtgasflammen Verwendung finden kann, vorzuführen, wurde ein U-förmig gebogenes, etwas weiteres Glasrohr (Chlorcalcium-Rohr), *a* in Figur 9, mit Baumwolle gefüllt und diese mit einem Gemisch von gleichen Teilen Äther und Benzol (Carburierungsflüssigkeit) getränkt. Der eine Stopfen *b* ist mit einem kurzen, geraden Glasrohr versehen, an dessen oberer, etwas verjüngter Mündung mittels Kautschuckschlauches ein Schmetterlingsbrenneransatz aus Speckstein befestigt wird. Der zweite Stopfen trägt ein Hahnrohr *c*, das mit einem Luft zuführenden Apparate

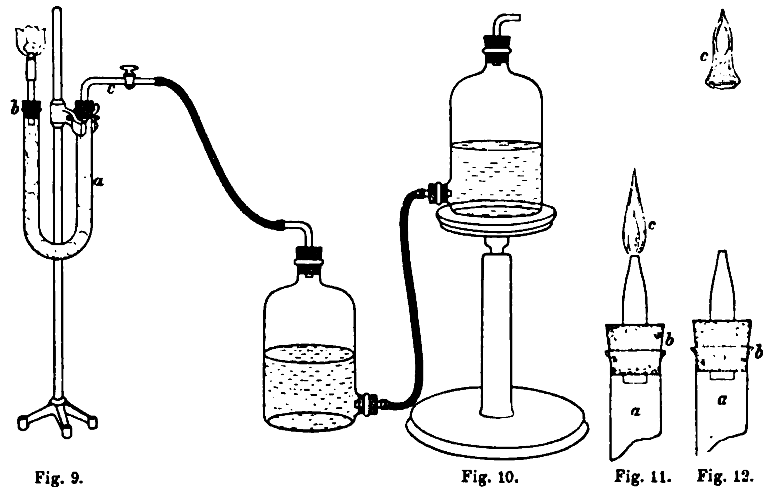


Fig. 9. Fig. 10. Fig. 11. Fig. 12.

Fig. 10 (Aspirator, Blasebalg, Wasserstrahlgebläse u. dgl.) verbunden wird. Lässt man nun bei entsprechend geöffnetem Hahn einen Luftstrom die Baumwolle in *a* passieren, so sättigt er sich mit den Dämpfen der Carburierungsflüssigkeit und kann ohne jede Gefahr am Ende von *b* entzündet werden, wobei er eine schöne Leuchtgasflamme von bedeutender Helligkeit liefert. Wird der Schmetterlingsansatzbrenner entfernt, so erhält man bei nur wenig geöffnetem Hahne ein kleines, leuchtendes Spitzflämmchen (*c* in Fig. 11). Dieses wird nun bei sehr langsamem und vorsichtigem Öffnen des Hahnes immer grösser und wenig leuchtender, bis es sich endlich von der Mündung des Röhrchens abhebt, in die Höhe steigt und in einer Entfernung von 5 bis 10 cm — oft noch höher — frei in der Luft schweben bleibt, wobei der Flammenmantel die Gestalt einer zugespitzten Glocke annimmt (Fig. 12). Diese Flamme erweist sich nun als höchst empfindlich. Nur bei vollständigster Ruhe im Saale schwebt sie regungslos über der Röhrenmündung. Schon beim Sprechen, selbst gedämpftem, zuckt sie bei jeder Silbe zusammen und dies um so stärker, je nachdrücklicher der betreffende Silbenvocal betont wird. Die leiseste Berührung des Tisches, auf dem der Apparat steht, bewirkt eine heftig zuckende Bewegung, und jede Lufterschütterung, möge sie selbst im Nebenzimmer etwa durch einen Pfiff, Peitschenknall oder durch Singen hervorgebracht sein, wird durch diese schwebende Flamme sehr scharf angezeigt. Etwas stärkere Erschütterungen bringen sie selbstverständlich zum sofortigen Erlöschen.

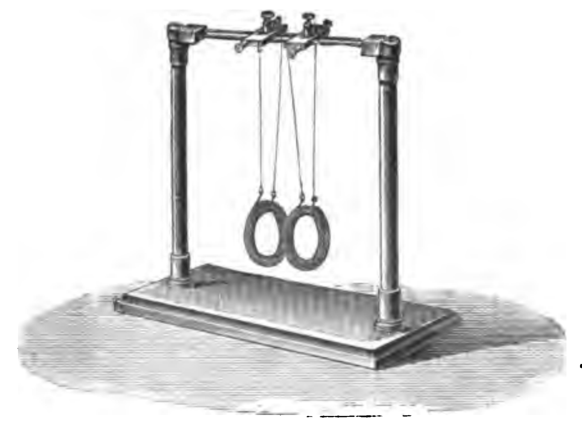
Schulapparat zur Demonstration einiger elektrodynamischer und elektromagnetischer Erscheinungen.

Von

Prof. **Guido Ritter v. Alth** in Wien.

Der mit dem obigen Namen bezeichnete Apparat ist eine Art Universalapparat, indem man damit folgende Erscheinungen zeigen kann: Die Anziehung gleichgerichteter und die Abstossung entgegengesetzt gerichteter paralleler Ströme, die Anziehung oder Abstossung eines Stromsolenoides durch einen Magneten, die Volta- und Magnetoinduktion, die Bildung von Kraftlinien um einen Stromleiter. Ausserdem kann der Apparat noch als Kupfervoltameter, Flüssigkeitsrheostat oder galvanoplastischer Apparat benutzt werden oder auch als bequemes Gestell für Glühversuche, Geisslersche Röhren etc. dienen. Die Anschaffungskosten sind infolge der einfachen Construktion gering. Dieser Umstand sowie die vielseitige Verwendbarkeit dürften den Apparat auch für minder gut dotierte Anstalten empfehlenswert erscheinen lassen.

Der Apparat besteht aus einem ungefähr 25 cm langen und 14 cm breiten Fussbrett, an dessen Breitseiten zwei Glassäulen von etwa 25 cm Höhe befestigt sind. (Die Dimensionen sind für die Versuche selbst nicht von Belang). Die Säulen tragen Ebonitköpfe, in welchen zwei dünne Metallstangen horizontal und parallel nebeneinander in einem Abstande von beiläufig 2 cm befestigt sind, so dass sie eine Brücke zwischen den beiden Glassäulen bilden. Die Metallstangen dienen zwei Schiebern aus Ebonit zur Führung. Diese sind beiderseits mit Metallbelegungen versehen, an welchen je eine Klemmschraube und ein Metallhäkchen angebracht sind. Ausserdem ist auf die Mitte jedes Schiebers eine Klemmschraube mit doppelter Bohrung aufgesetzt. Zu dem Apparate gehören ferner zwei



flach gewickelte Drahtspiralen aus dünnem, umsponnenen Kupferdraht von 0,5 mm Dicke, deren freie Drahtenden in kleine Ringe auslaufen, so dass sie leicht in die Metallhäkchen eingehängt werden können.

Hängt man nun die Drahtspiralen so ein, dass sie der Quere nach parallel und knapp nebeneinander hängen, so kann man den Apparat wie den von BUFF angegebenen (*Müller-Pouillets Physik, III, Fig. 706*) benutzen; jedoch reicht hier der Strom eines Bunsen-Elementes vollkommen aus, um die Anziehung gleichgerichteter oder die Abstossung entgegengesetzt gerichteter paralleler Ströme in weithin sichtbarer Weise zu zeigen. (Bei der Abstossung bringt man die Spiralen bis zur Berührung, bei der Anziehung entfernt man sie auf 1—3 cm). Die BUFFschen Apparate erfordern sonst gewöhnlich stärkere Stromquellen und sind in Anbetracht ihrer ganz einseitigen Verwendbarkeit unverhältnismässig teuer. — Ersetzt man eine der Spiralen durch eine aus dickerem Drahte verfertigte, so kann man selbstverständlich auch leicht die Erscheinungen der Voltainduktion mit dem Apparate demonstrieren. — Um die elektromagnetischen Versuche zu machen, hängt man eine Spirale aus und hängt die andere in beide Schieber so ein, dass sie in die durch die Glassäulen gegebene Ebene fällt. Man kann dann bequem einen Magneten bis zur Indifferenzzone in die Öffnung der Spirale einschieben und so die Magnetoinduktionsströme an einem Galvanometer nachweisen. Schickt man ferner durch die Spirale in dieser Stellung den Strom des Bunsenelementes hindurch und nähert nun der Spirale einen Magnetpol, so ist eine lebhafte Anziehung oder Abstossung je nach Beschaffenheit des Poles oder der Richtung des Stromes zu beobachten. Hält man den Pol senkrecht gegen die Öffnung der Spirale, so schiebt sich dieselbe bei entsprechender Stromrichtung im Momente des Stromschlusses mit Vehemenz über den Pol. (Ich erinnere dabei an das häufiger demonstrierte Gegenstück des Hineinziehens eines Magneten in eine Stromspule). — In dieser Stellung der Spirale lassen sich auch sehr deutlich und blos unter Zuhilfenahme des Stromes eines Bunsen-Elementes die Kraftlinien um einen Stromleiter zeigen. Man schneidet zu dem Zwecke zwei rechteckige Stücke aus glattem Carton an den Längsseiten so ein, dass die Spirale, wenn man die Ausschnitte zusammenlegt, gerade noch durch dieselben hindurchgeht und somit ringsum von Carton umschlossen ist; die Cartonblätter unterstützt man durch entsprechende Unterlagen oder befestigt sie in einem Rahmen. Infolge der vervielfachten Stromwirkung bilden sich die Kraftlinien beim Aufstreuen feiner Eisenfeilspäne recht deutlich aus. — Benützt man ferner eine der Spiralen in der ursprünglich erwähnten Querstellung, so lässt sich auch zeigen, dass sie sich beim Stromdurchgange wie eine magnetische Doppelfläche verhält, also bei Annäherung eines Magnetpoles auf der einen Seite angezogen, auf der anderen Seite aber abgestossen wird. Endlich lässt sich der Apparat nach Entfernung beider Spiralen leicht zu einem Kupfervoltameter, Flüssigkeitsrheostaten oder galvanoplastischen Apparat umgestalten, indem man die oben erwähnten mittleren Klemmen zum Einhängen der Elektroden benützt und die Wanne zwischen die Glassäulen stellt. Von Vorteil ist dabei die leichte Verschiebbarkeit der Elektroden mit Hilfe der Schieber. Um die Distanz derselben bestimmen zu können, ist an einer der Führungsstangen eine Centimeterteilung eingeritzt. Dieser Umstand ist auch von Vorteil bei Glühversuchen. Bei diesen spannt man den Draht in die oberen Öffnungen der mittleren Klemmschrauben ein und schaltet die Stromzuführungsdrähte in die unteren Öffnungen derselben ein. Um Geisslersche Röhren einzuhängen, kann man die Metallhäkchen verwenden; die daneben befindlichen Klemmen dienen dann für die Stromzuleitung.

Dass man das Gestell auch noch zu anderen Zwecken z. B. zum Einhängen elektrischer Pendel, zum Befestigen von Glühlampen u. s. f. ausnützen kann, ist nun leicht ersichtlich. Es muss nur noch bemerkt werden, dass es sich nicht empfiehlt, zu starke Ströme durch die Spiralen hindurchzuschicken, da dieselben sonst zu warm werden und sich leicht deformieren.

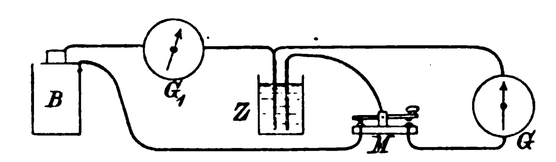
Den ersten dieser Apparate haben mir in vollkommen entsprechender Weise die Mechaniker Baumann und Schmauss (J. Eiss' Nachfolger) in Wien (VI. Stumpergasse 10) für den Preis von 13 fl geliefert.

Kleine Mitteilungen.

Die Anwendung des Morsetasters zu Versuchen über die galvanische Polarisation.[1])

Von **Friedrich C. G. Müller** in Brandenburg a. H.

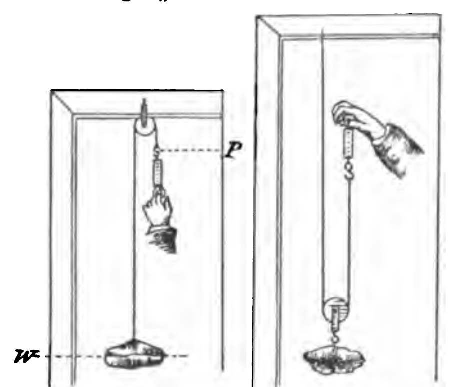
Bereits Ostern 1887 habe ich in meiner Abhandlung zum Programm des v. Saldernschen Realgymnasiums zu Brandenburg die Verwendung des Morsetasters bei Versuchen über Secundärströme empfohlen. Da jene ebenso einfache wie zweckdienliche Versuchsanordnung offenbar nicht überall bekannt geworden, möchte ich an dieser Stelle nochmals darauf hinweisen. In der beistehenden Figur bedeutet B den primären Stromerzeuger, Z die Zersetzungszelle, M den Morsetaster, G das den Polarisationsstrom anzeigende Galvanometer. Zu den Hauptversuchen dient als Zelle ein möglichst grossplattiges Knallgasvoltameter. Hinterher können Zellen mit anderen Elektroden, namentlich mit Bleiplatten in verdünnter Schwefelsäure verwandt werden. Wie man sieht, wird bei Ruhestellung des Schlüssels die Zelle vom Batteriestrom durchflossen, beim Niederdrücken aber unter Ausschaltung des Stroms mit dem Galvanometer verbunden. Wenn man schnell mit dem Schlüssel klopft, giebt der Secundärstrom dauernde Ausschläge. Der Erfolg bleibt auch bei einem Daniell als Primärelement nicht aus, obwohl Wasserzersetzung an Platinplatten nicht sichtbar wird. Dabei ist es lehrreich, auch in den Primärstromkreis ein Galvanometer G_1 zu schalten. Dasselbe wird bei einem Daniell in der Ruhestellung des Schlüssels keinen Strom anzeigen, wohl aber bei schnellem Klopfen. Die Galvanometer brauchen nur wenige Windungen zu haben und können leicht improvisiert werden.

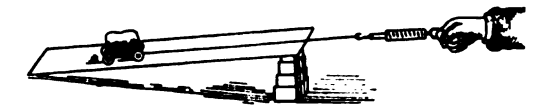


Die Briefwage als Dynamometer.

Von Dr. **J. Kraus** in Wien.

Im 5. Hefte des VII. Jahrgangs S. 234 macht Herr Prof. Hans Hartl (Reichenberg) die Bemerkung: „man könne einfache oder zusammengesetzte Maschinen mit dem Dynamometer in Verbindung bringen und die zur Erhaltung des Gleichgewichts oder zur Hervorbringung einer Bewegung nötige Kraft messen". Im Notfalle kann das Dynamometer durch eine gewöhnliche Briefwage ersetzt werden. In dem amerikanischen Schulbuche *Physics by experiment by Edward R. Shaw, New York, Effingham Maynard & Comp. 1892,* welchem die im VI. Jahrgang (S. 256) veröffentlichte kleine Mitteilung über das Telephon entnommen war, findet sich diese Verwendung der gewöhnlichen Federwage zur Ableitung aller Gesetze an einfachen Maschinen. Die beigegebenen Zeichnungen erläutern die Art und Weise der Anwendung besser, als dies Worte zu thun vermögen.





[1]) Eine ähnliche Anordnung ist auch von L. Lechner in dieser Zeitschrift *I 212* (*Juni 1888*) angegeben worden. *D. Red.*

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Neue Isolatoren. 1) Der Nichtleiter von Elihu Thomson besteht aus dünnen Papierblättern, welche mit einer Mischung von Kaolin und Natriumsilicat durchdrängt, aufeinander gepresst und getrocknet worden sind. Er ist biegsam, zähe und ersetzt mit Vorteil den Glimmer. (*La Lum. El. LI 232, 1894.*)

2) In der Sitzung der Société Française de Physique legte am 19. Januar 1894 Herr Hurmuzescu eine Anzahl von Apparaten für elektrostatische Versuche vor, bei welchen ein ebenfalls neuer Nichtleiter, Dielektrin, verwendet worden war. Dieser Stoff ist eine Mischung aus Paraffin und Schwefel, welche härter und weniger schmelzbar als Paraffin und weniger zerbrechlich und hygroskopisch als Schwefel ist und besser isoliert als beide. Auf der Drehbank und mit der Feile lässt sich das Dielektrin leicht bearbeiten. Herr Hurmuzescu hat es unter anderem zur Herstellung eines Elektrophors (Fig. 1) und eines Elektroskops (Fig. 2) benutzt.

Der aus Dielektrin hergestellte Kuchen K des Elektrophors liegt in einem Metallcylinder M von 20 cm Durchmesser und 2,5 cm Höhe und ragt 0,5 cm aus dem Cylinder hervor. Der Deckel D, welcher aus Aluminium angefertigt ist, wird mittels einer Metallspitze S geladen, welche in der Mitte des Cylinderbodens angelötet ist. Der Griff des Deckels besteht aus einem Dielektrinkern J, der von einem Glasmantel G umgeben ist, welcher dem Kern nur am oberen Ende fest anliegt, sonst aber 2 mm von ihm absteht. Dieser Elektrophor, welcher die Ladung lange Zeit hält, arbeitet selbst bei feuchtem Wetter gut. Berührt man den Kuchen mit einem Katzenfell oder einem wollenen Tuche, so erhält man bereits Funken von mehr als 2 cm Länge.

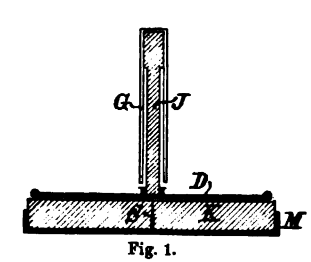


Fig. 1.

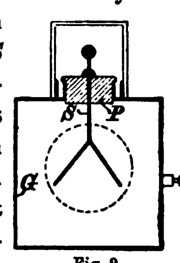
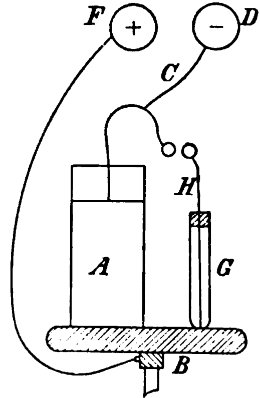


Fig. 2.

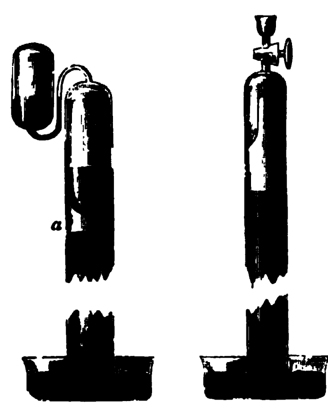
Das Elektroskop besteht aus einem prismatischen Metallgehäuse G und einem Pfropfen P aus Dielektrin, durch welchen das Stäbchen S mit den Goldblättchen hindurchgeht. Um den Ausschlag der Blättchen beobachten zu können, sind zwei gegenüberliegende Wände des Gehäuses mit runden Öffnungen versehen, in die rote Scheiben eingesetzt werden, wenn man die Blättchen projiciert. (*La Lum. El. LI 285, 1894.*) *H.-M.*

Elektrische Durchbohrung des Glases. Ein völlig sicheres Verfahren, den sonst nicht immer gelingenden Versuch auszuführen, soll nach M. Merlin (*Journal de Physique 1894, X, No. 105*) das folgende sein: Eine mittelgrosse Leydenerflasche A, etwa 30 cm hoch und 9 cm weit, steht auf einer isolierten Platte B; die innere Belegung der Flasche ist durch einen gewöhnlichen Kupferdraht C mit dem negativen Pol (D) einer Influenzmaschine verbunden, die isolierte Platte in gleicher Weise mit dem positiven Pol F. Dann nimmt man, als Objekt für die Durchbohrung, ein Probierglas G, das unten eine möglichst gleichmässige Rundung besitzt — um jede Spur von Feuchtigkeit zu entfernen, ist dasselbe vorher mit einigen Cubikcentimeter Petroleum ausgekocht worden — und führt einen Metallstab H ein, der unten mit einer Spitze oben mit einer Kugel endigt. Gehalten wird der Stab durch einen paraffinierten Kork; eine Berührung seiner unteren Spitze mit dem Boden des Glases braucht nicht stattzufinden. Das Probierglas stellt man mittels eines gewöhnlichen Halters von Holz, der die Mitte desselben umfasst, so auf, dass es sich vertical in 3 bis 4 cm Entfernung von der Flasche befindet, während die Kugeln nur etwa 1 cm von einander entfernt sind. Charakteristisch ist, dass das Probierglas die doppelte Rolle des Isolators für den Metall-



stab und des Materials für die Durchbrechung des Funkens spielt. Nach einigen Umdrehungen der Scheibe geht der Funken einerseits zwischen den beiden Kugeln über, andererseits zwischen der Spitze des Stabes und der isolierten Platte mitten durch das Glas, welches auf diese Weise durchbohrt wird. Es ist auf eine möglichst gute Isolierung aller hierfür in Frage kommenden Teile zu halten. *O.*

Neue Formen von Quecksilberbarometern. Zur Vermeidung der bekannten Schwierigkeiten ein vollkommen luftfreies Barometer herzustellen bringt G. Guglielmo ähnlich wie B. Kolbe und E. Schulze (d. Zeitschr. *VI 31 u. 159*) in geeigneter Entfernung vom oberen Ende der Barometerröhre einen durchbohrten Glashahn an. (*Atti d. R. Acc. d. Lincei. Rndct. 1890. II. Sem. 125.*) Diese Einrichtung des Barometers führt gelegentlich zu Unzuträglichkeiten, da der das Vacuum abschliessende Hahn eingefettet werden muss. Man kann diese vermeiden, indem man den Glashahn durch geeignete mit Quecksilber gefüllte Capillaren ersetzt. Guglielmo (*Atti de R. Acc. d. Lincei. Rndct. 1893. I. Sem. S. 474.*) hat zwei derartige Vorrichtungen vorgeschlagen, welche durch die nebenstehenden Zeichnungen erläutert werden. Er hat ferner seine Barometer noch dadurch verbessert, dass er an geeigneter Stelle im Rohre die Buntensche Einrichtung anbrachte, um die beim Neigen etwa mitgerissene und beim Aufrichten wieder freigegebene Luft abzufangen. (*Zeitschr. f. Instrumentenkunde XIV 139 u. 140, 1894.*)



3. Geschichte.

Die Theorie der Akustik im griechischen Altertum. Von Dr. Ernst Graf. Programm des Kgl. Friedrichs-Gymnasiums zu Gumbinnen, Ostern 1894 (Pr. No. 4). Das wesentlichste Problem, das die Sinnesempfindungen darbieten, ist in der Thatsache gegeben, dass den quantitativen Verschiedenheiten in dem Erregungsvorgang qualitative Differenzen in der Empfindung entsprechen. Den hierin liegenden Gegensatz von objektiv und subjektiv hat schon Demokrit erkannt, aber selbst Aristoteles ist noch nicht imstande gewesen, die Wesensverschiedenheit beider Seiten des Empfindungsvorganges anzuerkennen, vielmehr bemühte man sich vergeblich um eine Erklärung dafür, wie die äussere Erregung sich in die innere umsetze. In der Theorie der Akustik knüpften sich diese Bemühungen vornehmlich an die Frage nach dem Unterschiede der hohen und tiefen Töne (bei den Alten als „scharfe“ und „schwere“ Töne bezeichnet). Der Verfasser will auf Grund eingehender Quellenstudien nachweisen, dass diese in psychologischer Hinsicht verfehlten Bemühungen doch auf physikalischem Gebiet nicht ganz erfolglos waren. Nach der herrschenden Auffassung hat bereits Pythagoras das Gesetz der Abhängigkeit der Tonhöhe von der Saitenlänge erkannt, dagegen ist die Einsicht in den Zusammenhang von Tonhöhe und Schwingungszahl auf Galilei zurückzuführen. Der Verfasser zeigt nun, dass schon ein jüngerer Schüler des Pythagoras, Lasos von Hermione, eine Ahnung von diesem Zusammenhange gehabt haben muss, da er zur Erklärung der Consonanz die „Schnelligkeit und Langsamkeit“ der Schallbewegung auf Zahlenverhältnisse zurückführt (nach dem Bericht des Adrast bei Theo von Smyrna, ed. Hiller p. 59). Hierbei ist der Ausdruck „Schnelligkeit und Langsamkeit“ auf Höhe und Tiefe des Tones zu deuten, da die Alten den höheren Tönen eine grössere Fortpflanzungsgeschwindigkeit als den tieferen zuschrieben. Auch der Mathematiker Euclid erklärt in seiner Sectio canonis, dass dichter aufeinander folgende Stösse höhere Töne hervorbringen, weiter von einander getrennte dagegen tiefere. Einen Schritt weiter geht Nicomachus von Gerasa, ein Pythagoreer des zweiten nachchristlichen Jahrhunderts, von dem Boëthius (*de musica 1 c. 31*) berichtet, dass Consonanz nach seiner Meinung dann entstände, „si percussiones gravium sonorum

commensurabiles sunt percussionibus acutorum sonorum," d. h. wenn die Stösse (Schwingungen?) der hohen und tiefen Töne in rationalem Zahlenverhältnis zu einander stehen. Die wichtigste Stelle endlich findet sich bei Theon (*a. a. O. S. 50*), wo gesagt wird: „Die Schnelligkeit der Bewegungen findet entweder in rationalen Verhältnissen statt oder nicht; im letzteren Falle entstehen zwar Klänge, aber nicht eigentlich musikalische Töne, die mit den anderen zusammen in eine Tonreihe einzuordnen sind und eine Melodie mit ihnen bilden können; wenn aber die Bewegungen sich wie $a : na$ oder wie $n : n+1$ verhalten oder endlich überhaupt im Verhältnis zweier rationaler Zahlen zu einander stehen, so ergeben sich wirklich melodiebildende Töne". Die angegebenen beiden Zahlenverhältnisse spielen schon bei den älteren Pythagoreern eine grosse Rolle, und zwar sind sie bei diesen auf die Saitenlängen bezogen, während sie bei Theon auf die Schnelligkeit der Stösse (die Schwingungszahl) bezogen werden. Hieraus folgt nach dem Verfasser der Abhandlung „mit mathematischer Gewissheit, dass bereits dem ausgehenden griechischen Altertum die Thatsache bekannt war, dass die Schwingungszahlen in umgekehrtem Verhältnis zur Länge der Saiten stehen". Galilei hätte hiernach also etwas entdeckt, was schon die Alten wussten.

Wir möchten der Folgerung des Verfassers nicht so unbedingt beistimmen. Bei der formalen Art, wie die Alten Analogieen zu verwenden pflegten, ist es zum psychologischen Verständnis der bei Theon auftretenden Auffassung völlig hinreichend sich zu denken, dass man das bei den Saiten erkannte Prinzip der rationalen Verhältnisse unvermittelt auf die Betrachtung der Stösse übertragen hat, ohne den logischen Übergang, den der Verfasser postuliert, bewusst auszuführen. Ja hätte man den Übergang bewusst vollzogen, so würde man wohl auch das merkwürdige Gesetz über den Zusammenhang zwischen Saitenlänge und Schwingungszahl der Erwähnung wert gefunden haben. Und selbst bestenfalls, wenn der Verfasser Recht hätte, würde es sich um eine blosse Vermutung handeln, die ohne experimentelle Stütze sich in nichts von zahlreichen anderen lediglich erdachten Erklärungen unterscheidet. Wir können daher wohl eine Ahnung des Gesetzes zugeben, müssen aber das Bekanntsein der Thatsache nach dem hier vorgelegten Material in Abrede stellen. —

Der Verfasser giebt im weiteren noch einen Überblick über die Entwicklung der Anschauungen der Alten auf akustischem Gebiet. Er weist auf den eigentümlichen Umstand hin, dass die Terz zu den Dissonanzen gerechnet wurde und folgert daraus, dass die Griechen die Terz mit anderem Ohr gehört haben müssen als wir. Er zeigt die Schwierigkeiten, die aus dem Gegensatze von pythagoreischer und aristoxenischer Anschauung und aus der damit zusammenhängenden Vermischung geometrischer und arithmetischer Verhältnisse für die antike Akustik entstanden. Die physikalische und musikalische Seite des Gegenstandes haben im Altertum keinen befriedigenden Ausgleich gefunden. Doch rückte die aristotelische Philosophie wieder das subjektive Element der Empfindungen in den Vordergrund der Untersuchung. Aristoteles trennte richtig die Bewegung des Tonerzeugers und den Ton selbst, aber er gelangte nicht zu der Erkenntnis, dass der letztere lediglich subjektiver Natur sei; deshalb liess er bereits bei der Tonerzeugung zweierlei vor sich gehen, die schwingende Bewegung und die Entstehung des Tones selbst. Es mussten daher bei der Fortpflanzung des Schalles sowohl die Bewegung als auch der Ton von dem tönenden Körper aus zum Ohr gelangen — diese Consequenz ist von dem Commentator Simplicius gezogen worden. Eine Erklärung aber, wie Luftbewegung und Ton zusammenhängen, vermochte man nicht zu geben. Es war eine alte Streitfrage, ob überhaupt der Schall körperlich sei oder nicht. Den Epikuräern erschienen die Töne wie durch die Luft schwebende Gegenstände (εἴδωλα) von bestimmter Gestalt, die Bewegung selbst wurde als ein Ausfliessen bezeichnet. Bei Aristoteles ist es eine objektive Schallenergie, die sich durch die Luft hindurch fortpflanzt, von ihr aber im Wesen verschieden ist. Auch bei Plutarch drängt der Schall sich zwischen den Luftatomen hindurch, die nicht als Bedingung, sondern eher als Hindernis der Schallbewegung

erscheinen. Näher an die heutige Erkenntnis kommen die Stoiker (*Plac. IV 19, 5*; *Senec. rat. quaest. II 6*); nach ihnen gerät die Luft in eine Wellenbewegung, vergleichbar der Bewegung des Wassers, wenn ein Stein hineingeworfen wird, nur dass die letztere in Kreisen, die Schallbewegung dagegen in Kugeln, d. h. nach drei Dimensionen, vor sich geht. Der Schall selbst ist mit dieser Bewegung nicht identisch, sondern wird durch sie nur dem Ohre vermittelt; er wird von Seneca einmal als intentio aëris, ein ander mal als ictus aër bezeichnet. Dieser Auffassung, die der heutigen am nächsten kommt, ist der Verfasser vielleicht nicht hinreichend gerecht geworden.

Ein anderes Problem, das die Alten aufwarfen, ohne es lösen zu können, knüpft sich an die Frage: Wie ist es möglich, dass zwei verschiedene Töne zusammen an das Ohr gelangen und, wenn es consonante Töne sind, auch als etwas Zusammengehöriges empfunden werden können? Aristoteles fordert, dass eine Mischung entstehen müsse, ein einheitliches Ganze, in dem die beiden consonierenden Töne aufgehen. Die weitere Untersuchung bei Theophrast und Aelian verläuft in allgemeinen Vergleichen ohne sachliche Bedeutung. —

Die ganze Entwicklung der Akustik im Altertum lässt sich kurz wie folgt zusammenfassen: Die Pythagoreer glaubten mit ihrer Entdeckung der einfachen Zahlenverhältnisse auf dem direkten Wege zu metaphysischer Erkenntnis zu sein. Aristoteles zerstörte diesen Glauben und wies jenen Entdeckungen ihren richtigen Platz als blossen Bereicherungen physikalischen Wissens an. Für letzteres aber war das Interesse noch zu wenig entwickelt; Aristoteles rückte vielmehr das psychologische Interesse in den Vordergrund. Von Aristoteles sind Stoiker und Epikuräer beeinflusst, sie kümmern sich nicht mehr um die pythagoreischen Aufstellungen, während die Pythagoreer ihren Weg weitergehen, ohne das Suchen der Peripatetiker nach dem Wesen der Töne zu beachten. So ist man auf getrennten Wegen marschiert, und als die Erkenntnis dämmerte, dass beide Teile sich die Hand reichen müssten, da fielen die Versuche, die beiderseitigen Lehren in eins zu verarbeiten, so plump aus, dass damit nichts gefördert wurde. Erst die Neuzeit hat die physikalische mit der psychologischen Forschung richtig zu verknüpfen gewusst. *P.*

---

4. Unterricht und Methode.

Die wissenschaftliche Bedeutung der Hypothese. Von Dr. Paul Biedermann. Progr.-Abh. der Annenschule zu Dresden, 1894. 40 S. Der Verfasser beabsichtigt die Theorie der Erkenntnis zu fördern durch den Nachweis, dass die Bedeutung der Hypothese für die wissenschaftliche Forschung weit grösser ist, als gemeiniglich angenommen wird. Aber er liefert zugleich schätzenswertes Material für den Unterricht auf der Oberstufe, sofern dieser sich nicht auf die Mitteilung des Wissens beschränkt, sondern auch die Einsicht in den Ursprung dieses Wissens zu vermitteln sucht. Wir können aus dem reichen Inhalt der Abhandlung nur einiges wenige hervorheben. Unter Hypothesen versteht der Verfasser solche Voraussetzungen, die um der Thatsachen willen gemacht werden, sich aber selbst der thatsächlichen Nachweisung entziehen (z. B. die Weltbildungshypothese von Kant-Laplace). Hypothesen sind notwendig, um einen widerspruchslosen Zusammenhang unserer Erfahrung herzustellen; daher hat die Wissenschaft niemals die Hypothese entbehren können, aber eine längere geschichtliche Entwicklung ist nötig gewesen, bevor man ihr wahres Wesen erkannt und den richtigen Gebrauch von ihr gemacht hat. Dem Altertum hat die Erkenntnis gefehlt, dass die Hypothese nur auf der Grundlage eines genügend umfangreichen Erfahrungscomplexes und in steter Anlehnung an die Erfahrung ihren Zweck erfüllen kann. Dagegen ist die Erneuerung der Wissenschaften gerade dadurch bedingt und gefördert worden, dass man der Hypothese den ihr zukommenden Platz angewiesen und in umfänglicher Weise von ihr den richtigen Gebrauch gemacht hat. Bacons Methodenlehre hatte für die Hypothese gar keinen Platz und blieb daher unfruchtbar, die kühnen und uncontrollierten Hypothesen von Descartes sind von der strengeren Forschung zurückgewiesen worden, dagegen haben Kopernikus und Galilei gerade

dadurch die grosse Epoche der Naturwissenschaft heraufgeführt, dass sie die Hypothese auf Grundlage der Erfahrung als einen rechtmässigen Bestandteil der Wissenschaft eingesetzt haben. Sowohl der Hauptsatz des Kopernikus wie das Beharrungsgesetz Galileis sind Hypothesen in dem hier gemeinten Sinn. Weitere Beispiele aus der neuesten Zeit, die der Verfasser behandelt, sind: die Kohlenstoffnatur des Diamanten und die Erklärung der Änderungen der Polhöhe durch Schwankungen der Erdaxe. (Im ersteren Fall ist jedoch der strenge Beweis nicht erst durch A. Krauses Versuch der Bindung des bei der Verbrennung entstandenen Gases an Natron, wie der Verfasser meint, erbracht.)

Mit der Hypothese nahe verwandt ist die Vermutung, die durchweg sich auf eine nachweisbare Thatsache bezieht, während die Hypothese im eigentlichen Sinne eine Voraussetzung bedeutet, die sich der thatsächlichen Nachweisung entzieht. Die kopernikanische Annahme war eine Hypothese, so lange man nicht wusste, ob ein Nachweis, wie er später durch Foucaults Pendelversuch geliefert worden ist, überhaupt möglich sei. Die Idee des Kolumbus könnte als eine Vermutung gelten, weil er auf seiner Fahrt wirklich Land fand, aber dass die Idee den Zeitgenossen als unausführbar erschien, drückt ihr vielmehr den Charakter einer Hypothese auf. Leverriers Erklärung der Uranusstörungen würde eine Hypothese geblieben sein, wenn die Entdeckung des Neptun nicht sofort gelungen wäre. Diese Beispiele zeigen, dass die beiden Begriffe Vermutung und Hypothese ineinander übergreifen; für das werdende Wissen spielen sie eine ganz gleiche Rolle, indem sie, die bisherigen Grenzen des Wissens überschreitend, auf neues Wissen ausgehen; beide bestehen in einer Anticipation, und man kann behaupten, dass niemals neues Wissen gewonnen wird, ohne dass es zuvor vermutet und hypothetisch angenommen war. Wenn Newton den berühmten Ausspruch that „hypotheses non fingo“, so hatte er vage Hypothesen wie die des Cartesianismus im Auge. [Der Verfasser will den Nachdruck auf „non fingo“ legen, dies widerspricht aber dem Zusammenhang der Stelle.] Dagegen war Newtons Annahme einer Abnahme der Anziehungskraft mit dem Quadrat der Entfernung selbst zuerst eine blosse Vermutung. Ampère sagt von diesem Gesetz, dass niemals die Analyse es hätte entdecken können, sondern dass es auf dem Wege der Hypothese gefunden worden ist. Auch Liebig führte für ein spezielles Gebiet den Nachweis, dass der Entdeckung der Thatsachen stets die Idee der Thatsachen vorherging (*Reden und Abhandlungen, S. 318*); er erklärte im Hinblick auf Bacons Methodenlehre: Ein Experiment, dem nicht eine Theorie d. h. eine Idee vorhergeht, verhält sich zur Naturforschung, wie das Rasseln einer Kinderklapper zur Musik.

Dass auch in der Mathematik die Vermutung eine wichtige Rolle bei der Entdeckung neuer Wahrheiten gespielt hat und noch spielt, dafür sind jedem Fachmann die Beispiele zur Hand. Ja selbst im gewöhnlichen Leben „vollziehen sich die Geistesoperationen nicht nach den Regeln der Logik, sondern die Vorstellung von einer Wahrheit, die Ansicht von einem Vorgang oder der Ursache einer Erscheinung geht in der Regel der Beweisführung voraus“ (Liebig). Der Verfasser giebt hier zutreffende Ausführungen über die Thätigkeit des Staatsmannes, des Strategen, des Arztes, des Juristen, des Kaufmanns. Es ist endlich bemerkenswert, dass der menschliche Geist zur Bildung der wahrscheinlichen unter den vielen möglichen Hypothesen selbst wieder gewisse hypothetische Prinzipien benutzt, so namentlich die Idee der Einfachheit der Natur, von der sowohl Galilei als Newton sich haben leiten lassen. Laplace sieht den Vorzug des Beharrungsgesetzes darin, dass es das natürlichste und einfachste sei, das man ausdenken könne; Fresnel erkennt den Vorzug seiner optischen Hypothese vor allem in ihrer Einfachheit, er sagt, die Natur scheine sich vorgesetzt zu haben, viel mit wenigem zu erreichen; dies Prinzip werde durch den Fortschritt der Naturwissenschaften fortwährend von neuem bestätigt. Aber allerdings handelt es sich auch hier nicht um ein Axiom, sondern um ein hypothetisches Prinzip. *P.*

Über den physikalischen Unterricht am Ober-Gymnasium. Von GUIDO RITTER V. ALTH. Jahresbericht des Communal-Ober-Gymnasiums XIX. Bezirk Wien, 1894. Der Verfasser

setzt seine im vorhergehenden Jahr veröffentlichten Erörterungen fort und kommt zunächst nochmals auf die Hydrostatik zurück. Er stimmt dem in dieser Zeitschrift *VI 273* vorgeschlagenen Lehrgang in allen Stücken bei, findet ihn, durch einige theoretische Erklärungen erweitert, auch für die Oberklassen brauchbar und begründet dies mit dem induktiven Charakter des Lehrganges. Um so mehr überrascht es, dass er in der Wärmelehre die mechanische Wärmetheorie zu Grunde legen und jede dahin gehörige Erscheinung mit Hilfe der dabei auftretenden Energieumwandlungen erklären will. Er schliesst sich hierin den Forderungen an, die Duda im Programm des Gymnasiums zu Brieg 1887 (vg. d. Zeitschr. *I 177*) aufgestellt hat, wo namentlich betont wird, dass es nur auf dem Wege der modernen Wärmetheorie möglich sei, eine klare und exakte Darstellung des Begriffes Wärmemenge zu liefern, und wo deshalb schon von dem ersten Vortrag der Wärmelehre eine Darlegung der heutigen Wärmetheorie verlangt wird. Der Verfasser hält es im Zusammenhange hiermit, entgegen den österreichischen Lehrplänen, für dringend geboten, dass die Wärmelehre als solche in vollständig geschlossener Weise behandelt wird und nicht etwa durch die Aëromechanik in zwei getrennte Abschnitte zerfällt. Wir können hier nur von neuem gegen die deduktive Behandlung eines Hauptgebietes der Experimentalforschung Einspruch erheben; auch dass nach Behandlung des Thermometers und des Ausdehnungscoefficienten der Torricellische Versuch eingeschoben werden soll, erscheint uns nicht so bedenklich wie dem Verfasser, ebensowenig ist es unnatürlich, an die Aëromechanik das Luftthermometer anzuschliessen, denn es kommt bei der Anordnung der Versuche viel mehr auf den logischen und psychologischen, als auf den systematischen Gesichtspunkt an.

In der Aëromechanik widerspricht der Verfasser mit Recht der Streichung des Aneroidbarometers und will auch Heber-, Druck und Saugpumpe im Lehrgang der Oberstufe erhalten sehen. Dem hydraulischen Druck und Stoss spricht er wegen der Beziehung zum elektrischen Strom eine gewisse Berücksichtigung zu; die Wasserpumpe soll ebenfalls nicht übergangen werden. — Für den Magnetismus zieht der Verfasser die Einschaltung in den Galvanismus statt der früher üblichen Sonderbehandlung vor. In der Elektricitätslehre schliesst er sich der namentlich in dieser Zeitschrift vertretenen Einführung des Potentials rückhaltslos an und verlangt, dass dieser Begriff wirklich zur Grundlage der Behandlung der Reibungselektricität gemacht wird. Er pflichtet auch dem besonders von Krumme, Schülke und Szymański geäusserten Verlangen nach Einführung der Kraftlinien bei und empfiehlt eine Darstellung des elektrischen Feldes nach dem Beispiele von Jamieson-Kollert (d. Zeitschr. *V 322*). — Für die Akustik weist er namentlich auf die mangelhafte Darstellung der Wellenlehre in manchen Lehrbüchern hin. — Für die Optik wünscht er einerseits eine regere Verbindung mit der Astronomie, durch Einfügung astronomischer Betrachtungen in den Lehrgang der Optik, andererseits gewisse Kürzungen besonders die Berechnungen beim Mikroskop und beim Fernrohr betreffend. — Zur Lehrmittelfrage schliesslich erklärt er, dass die Vorschläge von Noack (d. Zeitschr. *VI 217*) sich auch den österreichischen Verhältnissen ausgezeichnet anpassen und empfiehlt auch für die dortigen Anstalten eine Neuordnung an Stelle des jetzigen zwanzig Jahre alten Normalverzeichnisses. *P.*

Der Unterricht in Mechanik auf geschichtlicher Grundlage. Von Karl Albrich jun. Progr.-Abh. des evangel. Gymnasiums und Realschule zu Hermannstadt, 1894. In der Abhandlung wird ausgeführt, dass nur bei einem Unterrichtsgang, der dieselben Prinzipien befolgt wie die Entwicklung der Wissenschaft, von einer verständnisvollen Auffassung seitens der Schüler die Rede sein kann. Dabei ist der Anschluss an den historischen Weg der natürlichste, wir müssen den Schülern die Fragen vorlegen, um die die Förderer der Wissenschaft sich bemüht haben. „Wie aber könnten wir die Frage besser formulieren, als jene Zeit es that, welche sich mit ihrer Lösung beschäftigte.“ Nur so verschaffen wir ihnen auch „Teilnahme an der hohen Freude, welche das Bewusstsein einer hervorragenden Leistung gewährt“. Gegenüber dem Einwand, dass der geschichtliche Gang für den Unterricht zu weitläufig sein würde, hebt der Verfasser mit Recht hervor,

dass Entwicklungsreihen, die von früheren Geschlechtern in mühsamer Arbeit durchlaufen wurden, heut fast spielend durchgemacht werden können. Er giebt dann eine Zusammenstellung dessen, was aus der Geschichte der Mechanik für den Unterricht am wichtigsten erscheint, und teilt vorwiegend Auszüge aus Galileis Discorsi, aus Huygens, Newton und Robert Mayer mit. Er erwähnt in diesem Zusammenhange auch die Entdeckung des Beharrungsgesetzes und nimmt für Galilei auf Grund einer Stelle der Discorsi die Erkenntnis des Gesetzes in vollständigerem Umfange in Anspruch, als Wohlwill und nach ihm Strauss festgestellt haben.

Der Verfasser knüpft hieran eine Darlegung des Ganges, den er bei der Behandlung der Mechanik befolgt. Wir heben daraus hervor, dass der Weg bei der gleichförmigen wie bei der beschleunigten Bewegung und beim senkrechten Wurf nach Galileis Vorgang graphisch dargestellt wird. Die Bewegung eines fallenden Körpers wird nicht nur auf der schiefen Ebene sondern auch bei völlig freiem Fall von verschiedenen Stockwerken eines Kirchturms beobachtet (Fallräume von 5 bis 21 m). Zur Entwicklung der Fallgesetze wird der Gedankengang Galileis benutzt, dabei auch an die abweichenden Lehren des Aristoteles erinnert und deren Widerlegung angedeutet, ohne sie indessen geringschätzend zu behandeln. [Wir halten den letzteren Gesichtspunkt für sehr wichtig, da auch auf diesem Gebiete die Schüler zu vorurteilsfreier Würdigung der Vergangenheit erzogen werden sollen.] Von der Wurfbewegung wird zur Bewegung der Erde und zur Formel für die Centrifugalbeschleunigung übergegangen, zugleich damit ein historischer Einwand gegen die Erdumdrehung rechnungsmässig widerlegt. Daran schliesst sich Newtons Berechnung für die Fallstrecke des Mondes gegen die Erde und die Formulierung des Attraktionsgesetzes; ferner die Bewegungen der Fallbeschleunigung der Erde gegen die Sonne und der Masse der Erde im Vergleich zur Sonne, sowie ähnliche Rechnungen für Jupiter und Saturn, endlich die Keplerschen Gesetze. Andererseits wird anschliessend an den freien Fall die Beziehung von Arbeit und lebendiger Kraft entwickelt, die Constanz der Energie im Anschlusse an Robert Mayer dargelegt, und die Erscheinungen des unelastischen wie des elastischen Stosses unter diesem Gesichtspunkt behandelt. Biographische Daten über die grossen Forscher, an die der Unterricht anknüpft, werden an passender Stelle eingeflochten.

Bemühungen wie die vorliegenden sind durchaus in dem Geiste, den unsere Zeitschrift von Anfang an vertreten hat. Auch bei diesem Anlass sei an E. Machs „Mechanik in ihrer Entwicklung historisch kritisch dargestellt“ erinnert, der eine Fülle weiterer historischer Anregungen entnommen werden kann. *P.*

---

5. Technik und mechanische Praxis.

Die Befestigung von Quarzfäden. In dem *Phil. Mag.* (*5*) *XXXVII 463, 1894* giebt C. V. Boys für die Befestigung der Quarzfäden, welche er zuerst 1887 hergestellt hat (vgl. diese Zeitschr. *I 129*) folgende einfache Vorschriften, die sich besonders bei seinem ungewöhnlich feinen Apparat zur Bestimmung der Newtonschen Gravitationsconstante durchaus bewährt haben: 1) Wähle einen Faden von dem richtigen Durchmesser, welcher die gewünschte Torsion liefert. Da die Torsionsconstante der vierten Potenz des Durchmessers proportional ist, so ist eine grosse Genauigkeit der Messung erforderlich. Schneide ein Stück ab, welches die gewünschte Länge um 2 bis 3 cm übertrifft. 2) Befestige an den äussersten Enden des Fadens mit geschmolzenem Schellack kleine Gewichte aus Gold oder Platin, welche so schwer sind, dass sie die Oberflächen von Flüssigkeiten zu durchbrechen vermögen. 3) Lege den Faden so über einen festen, runden und wagrechten Holzstab von ungefähr 1 cm Durchmesser, dass die kleinen Gewichte neben einander hängen, und hebe von unten her ein kleines Glas mit starker Salpetersäure so weit in die Höhe, dass der Faden hinreichend weit über die schliessliche Befestigungsstelle hinaus angefeuchtet und gereinigt wird. Das Gefäss muss so weit sein, dass störende Capil-

laritätserscheinungen nicht eintreten können. Das Gefäss muss sowohl auf- wie abwärts über die Stelle, wo die Gewichte durch die Oberfläche hindurchgehen, rasch, geradezu mit einem Rucke, bewegt werden, damit Störungen durch die Capillarität vermieden werden. 4) Nach einer Minute oder zwei Minuten verfahre ebenso mit einem Gefäss destillierten Wassers, tauche aber den Faden ein klein wenig tiefer ein. 5) Ist die Säure vollständig abgewaschen, so tauche die Fadenenden auf dieselbe Weise in eine Seignettesalz-Versilberungslösung (*Kohlrausch, Prakt. Physik 115*). 6) Wasche wie unter 4 angegeben. 7) Fülle ein Glas mit einer Kupferlösung, wie sie bei elektrolytischen Strommessungen gebraucht wird, die nicht gesättigt und ein wenig sauer ist. Tauche das äusserste Ende von dem positiven Drahte eines Elementes in die Flüssigkeit. Mit dem reinen, glatten, negativen Drahte nimm eines der herabhängenden Fadenenden auf, bringe es, nachdem der Contakt ausserhalb des Glases dadurch hergestellt ist, dass der obere Teil des Silberüberzugs auf den Draht ruht, in die Lösung hinein und tauche es, während der Faden in sanfter Bewegung auf dem Drahte gleitet, bald mehr bald weniger tief in die Flüssigkeit ein. In wenigen Secunden wird das kleine Gewicht und der eingetauchte Teil des Silberüberzugs deutlich rot sein. Verfahre mit dem anderen Fadenende ebenso. 8) Gieb dem Faden die gewünschte Länge, rechne aber an jedem Ende 5 mm für die Verbindung hinzu. Mache aus Kupferfolie 3 bis 4 cm und 3 bis 4 mm breite, spitz zulaufende Streifen. Verzinne das zugespitzte Ende mit einer winzigen Menge Lot und befeuchte es mit Zinkchloridlösung. Lege auf die befeuchtete Stelle sorgfältig in die richtige Lage das verkupferte Ende des Fadens. Erhitze das Kupfer rasch bis zum Schmelzpunkte durch eine kleine Flamme, welche unter eine Stelle gebracht wird, die ungefähr 1 cm von dem dünnsten Ende entfernt ist. Nachdem so die Verbindung zwischen Faden und Kupferstreifchen hergestellt ist, schneide von dem letzteren die gewünschte Länge ab, halte aber dabei mit einer Zange das Streifchen selbst und nicht den fortzuschneidenden Teil fest. 9) Wasche, um das Zinkchlorid zu entfernen, wie unter 4 mit kochendem Wasser. Der Faden ist jetzt zwar befestigt, aber wegen des überschüssigen Silbers und Kupfers ist die Befestigungsstelle nicht genau bestimmt. 10) Tauche jedes Streifchen bis zur Spitze in Bienenwachs unter Beachtung der unter 3 angegebenen Vorsichtsmassregeln. 11) Tauche die Fadenenden bis zu den oberen Rändern des Kupfers und Silbers in starke Salpetersäure. 12) Wasche mit kochendem Wasser die Säure und das Bienenwachs ab. 13) Soll der Faden Elektricität leiten, z. B. die Nadel eines Quadrantelektrometers leitend mit einer Batterie verbinden, so muss er in einer langen Röhre versilbert und dann abgewaschen werden.

Die so behandelten Fäden werden mit den kleinen Kupferblechstreifchen, die 5 mm lang, 1 mm breit und zugespitzt sind, mittels Schellack-Firniss oder besser noch geschmolzenem Schellack an dem Torsionsknopf, der Aufhängung u. s. w. befestigt. Man kann den Streifchen auch eine T-Form geben, um sie ohne Kitt in Streifchen von V-Form einzuhängen. Dies bietet den Vorteil, dass man Aufhängungen und Fäden bequem auswechseln kann.

Für das Arbeiten mit den feinen schwer sichtbaren Fäden empfiehlt Boys als Hintergrund die Dunkelheit einer kaum herausgezogenen Schublade eines Tisches, der vor einem hellen Fenster steht, und für gewisse Verrichtungen einen auf dem Tische liegenden Spiegel. Die darauf ruhenden Fäden werden stark glänzend und sichtbar, vorausgesetzt, dass das Auge so gestellt wird, dass das vom Spiegel zurückgeworfene Himmelslicht es nicht trifft. Man kann auch die Fäden, ohne ihre Torsion zu beeinflussen, sehr leicht sichtbar machen, indem man sie mit brennendem Magnesium beraucht. *H.-M.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Die Lehre von der Elektricität. Von Gustav Wiedemann. 2. umgearbeitete und vermehrte Auflage. Zweiter Band. Mit 163 Holzschnitten und 1 Tafel. Braunschweig, Vieweg und Sohn, 1894. 1126 S. M. 28,—, geb. M. 30,—.

Wie der erste Band (vgl. d. Zeitschr. *VII 39*) ist auch dieser zweite sehr erheblich vermehrt; denn er enthält als Hauptstück die Elektrochemie, die durch die Forschungen der jüngsten Zeit den Charakter und Umfang einer eigenen Wissenschaftsdisciplin angenommen hat. In sechs Kapiteln werden auf fast 700 Seiten behandelt: die Elektrolyse, ihr Einfluss auf Leitungswiderstand und elektromotorische Kraft, die Veränderungen der E. M. K. der Metalle durch die umgebende Flüssigkeit, die Theorie der Elektrolyse, die Theorie der Elektricitätserzeugung beim Contakt heterogener Körper, die Arbeitsleistungen und Wärmewirkungen bei elektrolytischen Processen. Die Litteratur ist bis zur Mitte des Jahres 1893 berücksichtigt. Ausserdem enthält der Band den Schluss der Elektricitätserregung durch Nichtleiter, sowie die Beziehungen zwischen Elektricität und Wärme. Das ganze Werk wird fünf Bände umfassen. *P.*

Physikalisch-chemische Tabellen. Unter Mitwirkung von C. Barus, Blaschke, E. Heilborn, H. Kayser, E. Less, L. Löwenherz, M. Marckwald, G. Neumayer, E. Rimbach, K. Scheel, O. Schönrock, F. Schütt, H. Traube, W. Traube, B. Weinstein herausgegeben von H. Landolt und R. Börnstein. Zweite stark vermehrte Auflage. Berlin, Julius Springer, 1894. XI und 563 S., geb. M. 24,—.

Das Werk hat sich in den 10 Jahren seit dem Erscheinen der 1. Auflage als ein Grundwerk für Laboratorien, Werkstätten und Bibliotheken erwiesen. Auch für Schulen wird ein so zuverlässiges Nachschlagebuch über die verschiedensten physikalischen und chemischen Constanten von Nutzen sein. Die angegebenen Zahlen sind sorgfältig mit den Originalabhandlungen verglichen und mit Quellenangabe versehen. Die neue Auflage ist erheblich erweitert, sie bringt an neuem Material Tabellen über: Reduktion des Barometerstandes auf Normalschwere; Capillarität; Siede-, Erstarrungspunkte und Dichte condensierter Gase; Dichtemaximum von Wasser und Salzlösungen; beobachtete Gasdichten; Reduktion der Siedepunkte auf Normaldruck; Siedetemperatur von Salzlösungen; Compressibilität und Elasticität; Verbrennungswärmen; Dielektricitätsconstanten; vertikale Verteilung der Lufttemperatur; elektrische Maasseinheiten; mechanisches Wärmeäquivalent u. a. m. Ausgedehnte Litteraturnachweise sind einzelnen Tabellen beigefügt. *P.*

Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Leipzig, W. Engelmann, 1894. No. 45. Elektrochemische Untersuchungen von Humphrey Davy, herausgegeben von W. Ostwald. Mit 1 Tafel. 92 S. M. 1,20. — No. 52. Abhandlung über die Kräfte der Elektricität bei der Muskelbewegung von Aloisius Galvani, herausgegeben von A. J. von Öttingen. Mit 21 Figuren, 76 S. M. 1,40. — No. 53. Die Intensität der erdmagnetischen Kraft auf absolutes Maass zurückgeführt von C. Fr. Gauss, herausgegeben von E. Dorn. 62 S. M. 1,—.

No. 45 enthält zwei Abhandlungen „Über die chemischen Wirkungen der Elektricität“ (1806) und „Über einige neue Erscheinungen chemischer Veränderungen, welche durch die Elektricität bewirkt werden“ (1807). Die erste ist von historischer Bedeutung durch die Aufklärungen über die Elektrolyse des Wassers, die zweite durch die Entdeckung der Alkalimetalle. — No. 52 bringt die berühmte Abhandlung von 1791, mit der unsere Kenntnisse vom Galvanismus anheben; die Legende von den zu Bouillon bestimmten Froschschenkeln, die auch Poggendorff noch nacherzählt, wird vom Herausgeber mit zureichenden Gründen zurückgewiesen. — No. 53 ist sowohl wegen der darin enthaltenen Grundlegung des absoluten Masssystems als wegen der benutzten Beobachtungsmethoden von besonderer Wichtigkeit. *P.*

Die optische Indicatrix. Eine geometrische Darstellung der Lichtbewegung in Krystallen. Von L. Fletcher, Custos der Mineralien-Abteilung des britischen Museums. Übersetzt von H. Ambronn und W. König. Leipzig, J. A. Barth (Arthur Meiner), 1893. IX u. 69 S. M. 4,—.

Das sehr beachtungswerte Büchlein entwickelt die Gesetze der Krystalloptik durch eine geistreiche Anwendung klarer und einfacher geometrischer Betrachtungen auf die Erscheinungen der Doppelbrechung. Alle Eigenschaften von Strahlen, die durch einen einachsigen Krystall hindurchgehen, können mittels einer „Indicatrix“, eines Rotationsellipsoids, geometrisch dargestellt werden. Um die Eigenschaften der Strahlen, welche durch Krystalle geringerer Symmetrie hindurchgehen, geometrisch behandeln zu können, führt Fletcher als Indicatrix ein Ellipsoid mit drei ungleichen Achsen ein, ein Verfahren, durch welches vermutlich auch Fresnel zuerst seine

Wellenfläche gefunden hat. Die Behandlung von Fletcher ist unabhängig von den verschiedenen Lichttheorien. Die recht geschickte deutsche Übersetzung giebt nur die wesentlichen Teile, das zweite und vierte Capitel des Originals wieder und ist besonders Anfängern als Vorbereitung für das Studium des trefflichen Werkes von Liebisch über physikalische Krystallographie zu empfehlen.

Hahn-Machenheimer.

Fragments of Science. By John Tyndall. Ausgewählt und für den Schulgebrauch erklärt von Dr. W. Elsässer und Dr. P. Mann. Schulbibliothek französischer und englischer Prosaschriften, herausgegeben von L. Bahlsen und J. Hengesbach, Abteilung II, 1 Bändchen. Berlin, Hermann Heyfelder, 1894. 131 S. Gebd. M. 1,20.

Das Bändchen verdankt seine Entstehung dem anerkennenswerten Bestreben, auch naturwissenschaftliche Schriften in den Bereich der fremdsprachlichen Lektüre zu ziehen. Die Schriften John Tyndalls eignen sich hierfür besonders durch die Vereinigung wissenschaftlicher Strenge und klarer Darstellungsweise. Aus der grösseren gleichnamigen Sammlung von Aufsätzen des Verfassers haben die Herausgeber sechs ausgewählt und auszugsweise für deutsche Schulen bearbeitet. Es sind dies die folgenden: On the forces of nature, On dust and disease, Voyage to Algeria, Life and Letters of Faraday, Scientific use of imagination, Death by lightning. Nicht alles scheint uns für jugendliche Leser hinreichend interessant; hervorzuheben wäre die Pasteursche Untersuchung über die Seidenraupenkrankheit, die Untersuchungen Tyndalls über die Farbe des Meerwassers und die Färbung des Himmels, endlich der letzte kurze Artikel über Blitzschlag. Die im Anhang dargebotenen erklärenden Anmerkungen sind sachkundig zusammengestellt, doch ist die Zersetzung der Kohlensäure in den Pflanzenzellen wohl nicht unter die decomposition of vapours by light in dem von Tyndall gemeinten Sinne zu rechnen. *P.*

Naturwissenschaftliche Abhandlungen (Traités d'Atmosphérologie) der Revue des deux mondes im Auszuge entnommen und für den Schulgebrauch erklärt von Dr. W. Kasten. Schulbibliothek französischer und englischer Prosaschriften, herausgegeben von L. Bahlsen und J. Hengesbach, Abteilung I, 4. Bändchen. Berlin, Hermann Heyfelder, 1894. 88 S. M. 1,—.

Die in dem Bändchen enthaltenen drei Abhandlungen sind der Revue des deux mondes von 1883 (bezw. von 1885) entnommen, sie rühren von Henry de Varigny, J. Jamin und J. Fleury, Antoine de Saporta her und behandeln „Luft und Leben“, „Luftballons und Luftschifffahrt“, die „Nordlichter“. Der Inhalt ist dem Standpunkte einer Oberklasse durchaus angemessen, die Darstellung ist fesselnd und anregend, die Wahl der Abhandlungen daher in jeder Beziehung glücklich. Weniger lässt sich dies von den Anmerkungen des Herausgebers behaupten, die auch dem Nichtphilologen vielfach Bedenken erregen werden. Wir begnügen uns mit dem Hinweis auf einige sachliche Ungenauigkeiten. *Nos tissus* (S. 10) sind die Gewebe unseres Körpers (nicht unserer Haut); il le dédouble en acide carbonique et en alcool (S. 13), er zerlegt ihn in Kohlensäure und Alkohol (nicht: er verteilt ihn auf) la question est du ressort de la mécanique (S. 39), die Frage gehört dem Gebiet der Mechanik an (nicht: es handelt sich um die bewegende Kraft des Getriebes!) cette portion du gaz que la dilatation chasse du ballon (S. 42), der Teil des Gases, den die Ausdehnung aus dem Ballon verdrängt (nicht: den die Ausdehnung des Ballons verdrängt!). Die Angabe des Originaltextes, dass Wasserstoff $5^1/_2$ mal weniger schwer sei als Luft (S. 30), hätte eine richtig stellende Anmerkung verdient. *P.*

Grundzüge der mathematischen Chemie. Energetik der chemischen Erscheinungen von Dr. Georg Helm, Professor an der technischen Hochschule zu Dresden. Mit 17 Figuren. Leipzig, Wilh. Engelmann, 1894. 138 S. M. 3,—.

Bei der täglich wachsenden Bedeutung der Thermodynamik für die theoretische Chemie ist es mit grosser Freude zu begrüssen, dass der durch seine energetischen Untersuchungen rühmlich bekannte Mathematiker die Mühe nicht gescheut hat, dem Chemiker die wichtigsten Folgerungen der beiden thermodynamischen Hauptsätze in klarer, leicht verständlicher Form darzulegen. Die in Anwendung gebrachten mathematischen Hilfsmittel sind die denkbar einfachsten, und der Verfasser hat durch geschickt gewählte Beispiele nicht nur die abstrakten Deduktionen dem Verständnis näher gebracht, sondern zugleich auch in glücklicher Weise das Rechnen mit den thermodynamischen Constanten erläutert. Es ist dringend zu wünschen, dass das Buch möglichst zahlreiche Leser findet, denn es ist im hohen Grade geeignet, in dem beklagenswerten Zustand vollkommener Indifferenz weiter chemischer Kreise für die thermodynamischen Untersuchungen Wandel zu schaffen.

Referent möchte einen Wunsch für die hoffentlich sehr bald nötige zweite Auflage nicht verschweigen. Er hält es für praktischer, bei den Rechnungen von allem Anfang an mit

molekularen, d. h. chemisch vergleichbaren Mengen zu operieren. Die Rechnungen gewinnen dadurch an Übersichtlichkeit, ganz abgesehen davon, dass durch diese Vereinfachung der nötige Raum gewonnen werden würde, um ohne Vergrösserung des Umfanges des Werkes die wichtigen Untersuchungen von Roozeboom bei der Erläuterung der Gibbs'schen Phasenregel etwas ausführlicher zu besprechen. *Hans Jahn.*

Die wissenschaftlichen Grundlagen der analytischen Chemie. Dargestellt von W. Ostwald. Leipzig, Engelmann, 1894. 187 S. M. 4,—.

Das Buch giebt eine einfache, klare Darstellung derjenigen Gebiete der theoretischen Chemie, die für die analytische Chemie von Wichtigkeit sind. Es bespricht vor allem an der Hand der Dissociationstheorie und der Vorstellungen vom Verlauf der chemischen Reaktionen eingehend die bei analytischen Fällungen auftretenden Verhältnisse. Diese wissenschaftliche Beleuchtung wird für den Analytiker nicht nur sehr interessant sein, sondern sie wird ihn auch lehren, in schwierigen, von der Regel abweichenden Fällen den richtigen Weg zur Erzielung eines guten Resultates selbst zu finden. Auch für den Unterricht kann das Buch von Nutzen sein; denn die hier behandelten wichtigen Teile der theoretischen Chemie sind von allen am einfachsten zu erklären und durch Experimente zu stützen. *Rr.*

Die Lagerung der Atome im Raume. J. H. van't Hoff. Braunschweig, Vieweg u. Sohn, 1894. XII u. 147 S. M. 4,—.

Die Hypothese van't Hoffs, dass die vier Valenzen des Kohlenstoffatoms im Raume nach den Ecken eines Tetraeders gerichtet seien, in dessen Schwerpunkt sich das Kohlenstoffatom selbst befindet, hat in den beiden letzten Jahrzehnten die Entwicklung der Chemie so bedeutend beeinflusst, dass sie auch im chemischen Unterricht, wenn sich derselbe auf die organische Chemie erstreckt, Erwähnung verdient. Die vorliegende neue deutsche Bearbeitung seines älteren Werkes „La chimie dans l'espace“ ist wegen der Klarheit und Schärfe der Ausführungen besonders geeignet, einen Begriff von dieser Hypothese und ihrer Fruchtbarkeit zu geben und bietet auch durch die Ausführlichkeit des Litteraturnachweises die erwünschte Gelegenheit zu eingehenderem Studium. *Rr.*

Repetitorium der Chemie. Von Carl Arnold. 5. Aufl. Hamburg und Leipzig, Leopold Voss, 1893. X u. 609 S. M. 6,—.

Wesentliche Veränderungen gegenüber der 4. Auflage (d. Zeitschr. *V 267*) sind nicht vorgenommen worden. Die chemischen Verbindungen, welche in die neue deutsche Pharmakopoe aufgenommen wurden, sind besonders bezeichnet, und ein Anhang bringt die Beschlüsse der Genfer internationalen Conferenz zur Reform der Nomenklatur organischer Verbindungen, die inzwischen auch in den Berichten d. chem. G. veröffentlicht worden sind. Neu sind auch die tabellarischen Übersichten über die wichtigsten Gruppen der aromatischen Verbindungen (Kohlenwasserstoffe, Phenole, Säuren), welche der allgemeinen Charakteristik der betreffenden Verbindungen vorangestellt sind und dem Gedächtnis wertvolle Stützpunkte gewähren. — (Inzwischen ist auch die 6. Aufl. 1894, 613 S. erschienen. D. Red.) *Böttger.*

Katechismus der Chemie. Dr. H. Hirzel. 7. Auflage. Leipzig, J. J. Weber, 1894. 407 S. M. 4,—.

Obgleich bereits in der 7. Auflage erschienen, ist das Buch doch in der Form sowohl, wie im Inhalt noch vielfach verbesserungsbedürftig. Stilproben können hier aus Mangel an Raum nicht gegeben werden. Ob im folgenden Satz nur ein Druckfehler vorliegt, ist zweifelhaft: 1000 g Wasser von 4° geben 1 l und wiegen 1 kg! Inhaltlich ist der anorganische Teil im allgemeinen brauchbar und unterscheidet sich wenig von den sonst gangbaren Lehrbüchern. Zur organischen dagegen ist u. a. zu bemerken, dass man weder die Milchsäure und Salicylsäure zu den zweibasischen Säuren rechnen, noch die Sorbinose als Typus der Aldehydzucker aufstellen kann, da sie ein Ketonzucker ist. In diesem Teile muss auch die Auswahl des Stoffes als unzweckmässig bezeichnet werden; während dem wichtigen Anilin und Methylamin nur wenige Zeilen gewidmet werden, wird die noch wenig bekannte Terpen- und Camphorgruppe auf mehreren Seiten behandelt. *Rr.*

Leitfaden für den Unterricht im chemischen Laboratorium. Von F. Dannemann. Hannover, Hahnsche Buchhandlung, 1893. 55 S. Geb. M. 1,40.

Der vorliegende kleine Leitfaden weicht in mancher Beziehung von Werkchen ähnlicher Art ab. Einmal wird bei den als Paradigmen gewählten Stoffen nicht das Verhalten allen Fällungsmitteln gegenüber durch Versuche dargethan, sondern es werden nur die Hauptreaktionen

hervorgehoben; sodann bilden schon frühzeitig leichte Trennungen, wie Zinn und Blei, Kochsalz und Kalkspat u. a. Gegenstand des Experiments, so dass nach verhältnismässig kurzer Zeit die Analyse einfacher Salzgemische eintreten kann, wobei der Verf., um den Gang zu vereinfachen, manche Metalle, wie Cadmium und Chrom, auffallender Weise aber auch die Ammoniumsalze aus der Betrachtung ausschliesst. Dann wird zur Herstellung einfacher anorganischer Präparate, wie Eisenvitriol, Quecksilberoxyd, Chlorcalcium u. a. übergegangen. Sicherlich ist die Herstellung von Präparaten für die Schule eine ebenso fruchtbare Beschäftigung als die Analyse, besonders wenn behufs bester Ausnutzung der Zeit die eine Thätigkeit neben der andern herläuft; indess ist nicht zu verkennen, dass in Schullaboratorien die Darstellung der Präparate wegen der meist eine Woche auseinander liegenden Unterrichtsstunden auf mancherlei Schwierigkeiten stösst. Die Auswahl der darzustellenden Verbindungen kann insofern eine glückliche genannt werden, als zur Darstellung derselben (einen Fall ausgenommen) grössere Apparate, namentlich Gasentwickelungsapparate nicht erforderlich sind. Ein vierter Abschnitt enthält ein Beispiel aus der Maassanalyse, nämlich die Bestimmung von Eisen und erörtert das Verhalten einiger organischer Substanzen. Sehr dankenswert ist der Anhang, welcher analytische Tafeln zur Bestimmung der wichtigsten Mineralien nach Art der v. Kobellschen Tafeln bringt. *Böttger.*

Die Elemente der Chemie und Mineralogie. Leitfaden für den chemisch-mineralogischen Kursus des Gymnasiums. Methodisch bearbeitet von Prof. Dr. H. Bork. Dritte Auflage. Paderborn 1894. 111 S.

In der vorliegenden Gestalt sind die früheren „Elemente der Chemie" dadurch erweitert dass denselben ein „Mineralogischer Teil" vorausgeschickt ist. Der letztere beschränkt sich im wesentlichen darauf, dass 8 Mineralien — Steinsalz, Flussspat, Fahlerz, Schwefelkies, Quarz, Kalkspat, Schwefel, Gips — vorwiegend nach ihren krystallographischen Eigenschaften gesondert behandelt werden. Die Reihenfolge der Mineralien erklärt sich daraus, dass „dieselben lediglich vom krystallographischen Gesichtspunkt aus ausgewählt worden" sind. Eine Anpassung an die neueren Lehrpläne vermag Ref. in diesem sondernden Verfahren nicht zu erblicken, denn das Charakteristische derselben besteht in der Forderung, dass das, was von der Mineralogie zu übermitteln ist, gerade in Verknüpfung mit den chemischen Lehren geboten werden soll. Die vorliegenden „Elemente" würden daher eine zweckentsprechendere Gestalt gewonnen haben, wenn der Verfasser den mineralogischen Teil dem übrigen wirklich eingegliedert und überdies anstelle des Krystallographischen mehr das eigentlich Mineralogische, das die Schüler in weit höherem Masse interessirt, berücksichtigt hätte; die Vorzüge des chemischen Lehrganges brauchen darum nicht verloren zu gehen. *O. Ohmann.*

Die Nahrungsmittel-Gesetzgebung im Deutschen Reiche. Von Dr. Arthur Würzburg. Leipzig, J. A. Barth, 1894. 372 S. M. 6,—.

In einer für den Rechtslaien verständlichen Weise behandelt das vorliegende Buch die Gesetze, die sich auf die Beschaffenheit und die Behandlung der Nahrungsmittel beziehen. *Rr.*

Handbuch der Organisch-Technischen Chemie. Von Dr. Samuel P. Sadtler in Philadelphia. Deutsche Bearbeitung von Dr. Julius Ephraim. Leipzig, Barth, 1894. 1. Abteilung. 404 S. M. 8,—.

An dem Buche ist besonders hervorzuheben die gute Anordnung des Stoffes; von jeder Industrie werden gesondert besprochen: 1. Die Rohmaterialien; 2. Processe der Verarbeitung; 3. Produkte; 4. Analytische Untersuchungsmethoden; 5. Bibliographie und Statistik. Dadurch wird das Werk sehr übersichtlich und kann als Handbuch vortreffliche Dienste leisten. *Rr.*

Kurzes Lehrbuch der Nahrungsmittel-Chemie. Von Dr. H. Röttger. Leipzig, J. A. Barth. 467 S. M. 7,—.

Das Buch ist für den Studierenden und für den Praktiker recht brauchbar; es enthält neben den einfach und klar geschriebenen Grundzügen der Ernährungslehre knapp gefasste, aber ziemlich eingehende Besprechungen der einzelnen Nahrungsmittel, ihrer Verfälschungen und ihrer Untersuchung. Durch ausgiebigen Litteraturnachweis ist auch ein tieferes Eingehen auf die einzelnen Stoffe ermöglicht. *Rr.*

Algebraische Aufgaben von Dr. Theodor Walter. I. Band: Bewegungsaufgaben. II. Band: Quadratische Bewegungsaufgaben; Bewegungsaufgaben mit mehreren Unbekannten; Kreisbewegung; Specifisches Gewicht; Ausfluss; Arbeit. Stuttgart, Berlin, Leipzig, 1889, 1891. I. Bd. VIII u. 292 S. II. Bd. VIII u. 278 S.

Der Verfasser will aus dem Unterricht alles Entbehrliche ausscheiden, das dauernd Wissenswerte herausheben und methodisch soweit klären, dass es mit dem denkbar geringsten

Zeitaufwand auch von mittleren Köpfen gründlich erlernt werden kann. Die Methode des Verfassers tritt namentlich im ersten Bande hervor. Die Bewegungsaufgaben werden in 18 Gruppen anschaulich erklärt, auf 3 bis 6 Arten (einmal sogar auf 16 Arten) ausgerechnet und die Ergebnisse in Tabellen zusammengestellt.

Die Einkleidung der Aufgaben — statt der altehrwürdigen Postkutschen ist meist der Eisenbahnfahrplan benutzt —, die Vollständigkeit der Behandlung, die Empfehlung der vierstelligen Logarithmen oder des abgekürzten Rechnens verdient volle Anerkennung. Nicht das Gleiche gilt von der Bildung der 18 Gruppen; dieselbe entbehrt eines inneren Einteilungsgrundes, und specielle Fälle oder Umkehrungen sind nicht als solche gekennzeichnet. Weil ausserdem die Gruppen selbst nirgends übersichtlich zusammengestellt sind, so ist es nicht leicht zu entscheiden, welcher Gruppe eine vorgelegte Aufgabe angehört. Interessant wäre eine Angabe, wie weit die rechnerisch gefundenen Lösungen der Eisenbahnaufgaben mit der Wirklichkeit übereinstimmen; in dem Kursbuch von 1894 haben sich die Verhältnisse gegen 1887 wesentlich geändert, in einem Falle z. B. I S. 212 stimmte zwar die Abfahrts- und Ankunftszeit überein, die Lösung jedoch gar nicht, weil ein $3^1/_2$stündiger Aufenthalt nicht in Rechnung gezogen war. Trotz der modernen Einkleidung sind die Bedingungen in vielen Aufgaben ebenso künstlich gewählt wie in älteren Sammlungen, und bei der Kreisbewegung dienen zur Einübung von Uhraufgaben 11 Beispiele, hingegen ist die Bewegung von Sonne und Mond nur einmal, die der Planeten garnicht behandelt; es könnte also noch eine weit grössere Annäherung an die Wirklichkeit erzielt werden.

A. Schülke, Osterode Ostpr.

Programm-Abhandlungen.

Gilberts Physiologia nova de magnete (Schluss). Von Leopold Schnaase. Königl. Friedrichs-Gymnasium zu Pr. Stargard. Ostern 1894. Pr. No. 40. 12 S.

Dem im Jahre 1892 veröffentlichten ersten Teil lässt der Verfasser nunmehr den Schluss folgen. Nach Beendigung seines Auszuges aus dem Werk (das inzwischen auch in einem Facsimiledruck von Mayer und Müller in Berlin neu herausgegeben ist) geht er noch mit einigen Ausführungen auf die Bedeutung der Leistungen Gilberts ein und hebt als sein grösstes Verdienst die Entdeckung des Erdmagnetismus hervor. „Hat Kopernikus die Erde ihrer Herrscherwürde im Weltall entkleidet, so hat Gilbert ihr dafür eine neue Kraft gegeben, deren Vorhandensein in ihr man bisher kaum einmal vermutet hatte". Bemerkenswert ist u. a., dass Gilbert nach seinen Beobachtungen an einer magnetischen Eisenkugel die Zunahme der Inklination vom Äquator nach den Polen hin vorhergesagt hat, was erst im Jahre 1608 durch Hudson bestätigt wurde. Auf dem Gebiete des Magnetismus war durch Gilberts Forschungen auf zwei Jahrhunderte hinaus der Höhepunkt erreicht; und auch auf dem Gebiet der Elektricität, das er erschlossen hatte, beginnt erst mit den Arbeiten Guerickes ein weiterer Fortschritt. Man darf daher mit Recht sagen, dass die Physiologia nova ihrem Verfasser für allezeit eine hervorragende Stellung in der Geschichte der Physik sichert.

P.

Das Proömium der Pneumatik des Heron von Alexandria in lateinischer Übersetzung. Aus einer Münchener und zwei Mailänder Handschriften herausgegeben von Dr. W. Schmidt. Herzogl. Realgymnasium zu Braunschweig, 1894. Pr. No. 692. 38 S.

Herons Pneumatik ist eine der merkwürdigsten physikalischen Schriften des Altertums, sowohl wegen der darin beschriebenen hydromechanischen und aëromechanischen Apparate als wegen der Einleitung, die eine an den Physiker Strato und an Philo von Byzanz anknüpfende Darstellung der Theorie vom Vacuum enthält. Das Werk ist sehr häufig handschriftlich ins Lateinische übertragen worden, doch ist nur eine Übersetzung im Druck erschienen, nämlich im Jahre 1575 die des Federico Commandini, die befruchtend auf die Anfänge der neueren Physik im Zeitalter Galileis gewirkt hat. Auch aus letzterem Grunde ist das Werk heut noch von besonderem Interesse. Der Verfasser giebt neben dem lateinischen Text eine eingehende Kritik der von ihm benutzten drei Handschriften unter Berücksichtigung der Pariser und der übrigen griechischen Handschriften des Werkes (der griechische Text ist nebst den wichtigsten Varianten bereits von H. Diels in den Sitz. Ber. d. Berl. Akad. 1893 veröffentlicht). In der Einleitung bietet er auch einen kurzen deutschen Auszug aus dem genannten Teil des Werkes, der namentlich bemerkenswert ist wegen des Gewichtes, das auf das Experiment gelegt wird. Es heisst da unter anderem: „Diejenigen, welche ein Vakuum gänzlich in Abrede stellen, wissen nur theoretische Gründe vorzubringen, durch Experimente aber werden sie überführt, wenn z. B. durch eine vollständige Verdichtung jedes Vakuum verschwindet". Es folgen dann bekannte Versuche über Verdichtung und Verdünnung der Luft.

Brieflicher Mitteilung zufolge beabsichtigt der Verfasser eine völlige Neubearbeitung des griechischen Textes; er hat bereits eine grössere Anzahl von Handschriften in Italien untersucht, dabei auch in Venedig eine Handschrift gefunden, die noch vor die Renaissance, mutmasslich ins 13. Jahrhundert zurückgeht. Die Fertigstellung der Ausgabe wird noch mehrere Jahre in Anspruch nehmen; es sollen ihr auch die handschriftlichen Figuren beigegeben werden. *P.*

Ergebnisse zehnjähriger meteorologischer Beobachtungen. Von Richard Gent. Städt. Gymnasium Liegnitz, Ostern 1894. 28 S. und eine Tafel.

Der Verfasser hat sich um seine Vaterstadt sehr verdient gemacht, indem er dort im Herbst 1883 mit Hilfe des Kgl. meteorolog. Instituts zu Berlin eine meteorologische Station gründete. In der vorliegenden Abhandlung veröffentlicht er die Ergebnisse seiner Beobachtungen vom 1. December 1883 bis 30. November 1893. In der Einleitung giebt er einen kurzen Rückblick auf frühere Beobachtungen und eine knappe Darstellung der Entstehung, Einrichtung und örtlichen Lage der meteorologischen Station zu Liegnitz. Die Beobachtungsergebnisse sind ausführlich erörtert und in 13 Tabellen niedergelegt. Auf der beigegebenen Tafel wird der mittlere Gang der Temperatur im Laufe des Jahres graphisch dargestellt unter Zugrundelegung 1) der Liegnitzer Pentadenmittel vom December 1883 bis November 1893 und 2) der Breslauer normalen mittleren Temperatur der einzelnen Tage des Jahres innerhalb der 100 Jahre von 1791—1890.

Hahn-Machenheimer.

Die Anfänge der heutigen Chemie. Von Morgenroth. Real-Gymnasium zu Quakenbrück. Ostern 1894. Pr. No. 339. 17 S.

Nachdem Verfasser vor der so häufigen Verwechslung von Theorieen mit Axiomen gewarnt und diesbezüglich auf die Wichtigkeit des Studiums der Geschichte der exakten Wissenschaften hingedeutet hat, wendet sich derselbe dem Nachweis zu, dass, so hoch man auch die Verdienste Lavoisiers schätzen mag, demselben doch nicht der Ruhm zugesprochen werden darf, die neuere Chemie geschaffen zu haben, vielmehr sei er nur der Reformator, welcher eine bereits begonnene wissenschaftliche Bewegung in die rechte Bahn geleitet und ihr zur allgemeinen Anerkennung verholfen habe. Vor allem sei die richtige Ansicht vom Verbrennungsvorgang schon im 17. Jahrhundert mehrfach ausgesprochen und experimentell begründet worden, allerdings ohne der herrschenden phlogistischen Lehre gegenüber durchdringen zu können. Es gab nämlich, wie durch eine grössere Zahl von Stellen bewiesen wird, schon mehr als hundert Jahre vor Lavoisier verschiedene Schriftsteller, welche wenigstens bei gewissen Oxydationen eine Gewichtszunahme erkannt hatten und daher insbesondere für die Verkalkung der Metalle eine Aufnahme von Stoff, nicht eine Abgabe behaupteten. Als den bedeutendsten unter diesen vorgeschrittenen Geistern bezeichnet der Verfasser den Engländer Mayow, dessen Untersuchungen und Theorieen eingehender vorgetragen werden. Dieser Forscher habe die noch jetzt geltenden Ansichten über den Verbrennungsprocess so überzeugend begründet und so klar ausgesprochen, dass in dieser Hinsicht „die Priorität unmöglich Lavoisier zugestanden werden kann“.

Was die übrigen für die neuere Chemie charakteristischen Punkte betrifft — das Studium der gasförmigen Körper, die Anwendung der quantitativen Untersuchungsmethode, sowie die Entwicklung vollkommenerer Ansichten über die Natur der Elemente und der Verbindungen — so weist der Verfasser gleichfalls nach, dass die Anfänge des Richtigen sich bis weit zurück in das Zeitalter der phlogistischen Lehre verfolgen lassen. Von Interesse ist ferner der Schluss der Abhandlung, in welchem gezeigt wird, dass die seit einigen Jahrzehnten besonders in Frankreich geübte Überschätzung Lavoisiers und die damit verbundene Ungerechtigkeit gegen die Leistungen seiner Vorläufer von den zeitgenössischen Forschern keineswegs geteilt wurde, und dass kein Geringerer als Berthollet (in seiner berühmten Statique chimique 1803) bei aller Anerkennung der Verdienste seines grossen Landsmannes neben diesem auch Black, Priestley, Cavendish, Bergmann und Scheele unter den Schöpfern des neuen und für die Chemie so „glücklichen Zeitabschnittes“ aufführt. *J. Schiff.*

Versammlungen und Vereine.

66. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte

in Wien, 24.—30. September 1894.

In der Sektion für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht (Sektion 40) sprach Prof. Dr. A. Höfler, Wien am 24. September „über einige nähere und fernere Ziele für die Weiterbildung des physikalischen Unterrichtes an Mittelschulen.“ Den Wortlaut des Vortrages s. in diesem Heft *S. 123ff.*

Am 25. September hielt Direktor Dr. A. Pick, Pohrlitz, einen Vortrag „über den Unterricht in der astronomischen Geographie.“ Derselbe bezeichnete die astronomische Geographie als Erfahrungswissenschaft und forderte deshalb für sie auf jeder Stufe des Unterrichts eigene Beobachtung der einschlägigen Thatsachen durch den Lernenden als Grundlage und äusserst langsames Vorschreiten behufs selbständiger Verarbeitung der Erfahrungen. Veranschaulichungsmittel sind auf der ersten Stufe möglichst wenige und einfache zu empfehlen, ein Gnomon, ein Himmelsglobus mit nur wenigen (den mit freiem Auge sichtbaren) Sternbildern, ein einfacher Winkelmesser und ein Theodolith einfachster Construktion; in grösseren Städten ebenfalls ein Ekliptikapparat. Auf der oberen Stufe, für den Übergang vom Ptolemaeischen zum Kopernicanischen System, muss eine innere, nicht eine äusserliche Anschauung angestrebt werden; im Übrigen befindet sich hier der Unterricht schon jetzt in richtigeren Bahnen. Dem Zwecke der Mittelschulen entsprechend muss sich der Unterricht an diesen Anstalten auf der ersten Stufe jedenfalls auf die Kenntnis der wichtigsten Sternbilder, der scheinbaren Bewegung der Himmelskugel samt den hierher gehörigen geometrischen Anschauungen, der scheinbaren Bewegung des Mondes und seiner Lichtgestalten, der scheinbaren Bewegung der Sonne, all' das vom Schulorte aus betrachtet, erstrecken, er muss dann diese Erscheinungen in Bezug auf andere Horizonte umfassen und daraus zu dem für die Geographie wichtigen Schluss auf die Kugelgestalt der Erde kommen; auf der oberen Stufe hat er dann die Kopernikanischen Vorstellungen zu pflegen, sie auf die Planeten auszudehnen und mit der Mechanik des Himmels zu schliessen. Dem Studium der astronomischen Geographie sollte gerade gegenwärtig alle Sorgfalt zugewendet werden, da dieser Gegenstand durchaus ideale Ziele verfolge und ein bedächtiges langsames Vorschreiten fordere und dadurch einerseits der stark materiellen Richtung, andererseits der überall sich breit machenden nervösen Hast unserer Zeit wirksam entgegen zu arbeiten geeignet ist.

Darauf folgte Direktor H. Januschke-Teschen, welcher „über Raumenergie und ihre Bedeutung für den physikalischen Unterricht“ sprach. Die neuesten Anschauungen über die physikalischen und chemischen Vorgänge fordern die Annahme eines Mittels, das den Raum erfüllt, und das der Träger jener Energieformen ist, welche nicht als Massenenergie aufgefasst werden können. In einem Gravitationsfelde, in einem elektrischen, einem magnetischen Kraftfelde, in einem intermolekularen und intramolekularen Kraftfelde fordert eine Verschiebung, sei es einer Masse, sei es einer Ätherpartie Arbeit gegen die Feldkräfte, und eine Verschiebung liefert Arbeit der Feldkräfte. Wir schreiben deshalb dem Felde selbst Arbeitsfähigkeit oder Energie zu. Diese Energie meinte der Vortragende unter Raumenergie (wir würden lieber sagen Feldenergie, da sie nicht dem Raume, sondern der Verteilung wirksamer Agentien im Raume zuzuschreiben ist). In einem historischen Überblicke zeigte er, wie die naturwissenschaftlichen Anschauungen durch die fernwirkenden Kräfte hindurch zu diesem umfassenderen Begriffe gekommen sind und hob die Bedeutung desselben in der modernen Wissenschaft und Technik hervor. Aus dieser leitete er die Notwendigkeit der Einführung des Begriffs der Raumenergie im Unterrichte an der Mittelschule ab und wies darauf hin, dass das Bedürfnis nach solcher Einführung schon ein sehr allgemeines sei, indem überall in Lehrbüchern und in der Unterrichtspraxis u. a. der Potentialbegriff nicht mehr übergangen werde. An einer Reihe besonderer Fälle zeigte der Vortragende sodann, wie aus dem Energiebegriffe, dem Satz von der Äquivalenz aufgewendeter Arbeit und gewonnener lebendiger Kraft und dem Satze von der Erhaltuug der Energie eine Menge von physikalischen Wahrheiten deduktiv (rechnungsmässig) gewonnen werden kann. Er berechnete u. a. den Druck, welchen eine über einen Cylindermantel und über eine Kugelschale gleichmässig verteilte Masse bei gleichförmiger Rotation um die Cylinderaxe nach aussen ausübt; es ergiebt sich ein dem Boyleschen Gesetze analoger Ausdruck. Dann leitete er die Gesetze der Oberflächenspannung einer Flüssigkeit und die Zustandsgleichung für homogene Körper zum Teil elementar ab; ebenso den mathematischen Ausdruck für die Ladungsenergie eines kugelförmigen Leiters. Aus der Analogie zwischen den Ausdrücken für den Energieinhalt einer cohärenten Flüssigkeit und der Ladungsenergie eines Leiters schliesst Redner auf die Beziehung zwischen Cohäsions- und Dielektricitätsconstanten, erwähnt der Beziehung zwischen letzterer und dem Brechungsexponenten und leitet endlich noch auf Grund der Annahme der Identität eines elektrischen Stromes mit einem Strom elektrisierter Massenteilchen aus dem Ausdruck für die Arbeit bei der Ablenkung eines bewegten elektrisierten Kügelchens aus seiner Richtung das Biot-Savartsche Gesetz ab.

Prof. Dr. K. Haas-Wien hielt einen Vortrag „über das historische Moment im

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.

Sitzung am 16. April 1894. Herr G. Krech führt einen Apparat zur Demonstration der Zerlegung paralleler Kräfte vor. — Herr R. Heyne legt einen Metallgasschlauch und ein Telephonkabel vor und erläutert deren Herstellung und Verwendung. — Herr M. Koppe spricht über die Beobachtung von Sternen am Tage und berichtet dann über seine Versuche, die Geschwindigkeit des Schalles mittels zweier Metronome zu bestimmen.

Sitzung am 30. April 1894. Herr G. Arendt legt einige stereometrische Modelle vor. — Derselbe führt einige hydrostatische Versuche aus und zeigt einige merkwürdige physikalische Apparate. — Derselbe legt eine österreichische Nickelmünze vor, welche zwei magnetische Pole besitzt. — Herr H. Hahn demonstriert den Wurfapparat von Hartl (vgl. d. Zeitschr. *VII 246*).

Sitzung am 21. Mai 1894. Herr G. Krech gedenkt des schweren Verlustes, welchen der Verein durch den Tod seines Ehrenmitgliedes August Kundt erlitten hat und weist auf die grossen Verdienste hin, welche sich der Verstorbene um den Verein und die Berliner Ferienkurse erworben hat. — Herr Schiemenz beschreibt das von Herrn Looser construierte Thermoskop und führt die wichtigsten Versuche aus, welche man damit anstellen kann (vgl. das *Programm der Realschule zu Essen von Ostern 1894*). In der sich anschliessenden Besprechung wird auf die älteren Thermo-Indicatoren von Szymański, Holtz und Karsten (vgl. d. Zeitschr. *III 66 u. 141*) hingewiesen.

Sitzung am 4. Juni 1894. Herr R. Heyne legt einen durch seine vorzügliche Beschaffenheit merkwürdigen Drehspan des Kruppschen Riesengeschützes vor, welches in Chicago ausgestellt war. — Herr P. Kindel hält einen Vortrag über die Brechung der Lichtstrahlen in Kugelflächen. Er leitet eine projektivische Beziehung für die Lagen der Lichtquelle und des Bildes ab und bestimmt für mehrfache Brechungen geometrisch die Haupt-, Knoten- und Brennpunkte.

Sitzung am 25. Juni 1894. Herr B. Schwalbe hält einen Vortrag über Versuche mit comprimierten Gasen (Kohlensäure und Sauerstoff) im Schulunterricht. — Derselbe berichtet über die Versammlung des Vereins zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und den Naturwissenschaften zu Wiesbaden.

Sitzung am 20. August 1894. Herr B. Schwalbe setzt seinen Vortrag über Versuche mit comprimierten Gasen im Schulunterricht fort.

Sitzung am 3. September 1894. Herr K. Geissler hält einen Vortrag über die Behandlung der Lehre von den Schwingungen im Schulunterricht mit Hilfe von ganz einfachen Apparaten.

Sitzung am 12. September 1894. Herr P. Szymański beschreibt das von ihm nach dem Vorbild des Apparates von du Bois und Rubens construierte astatische Spiegelgalvanometer und weist in einer Reihe von Versuchen dessen Verwendbarkeit im physikalischen Schulunterricht nach. Der Vortrag wird in dieser Zeitschrift als Fortsetzung der bereits (*VII 10*) erschienenen Arbeit über Magnet-Induktion veröffentlicht werden. — Derselbe demonstriert nach der Holtzschen Methode (vgl. d. Zeitschr. *VII 116*) die Partialentladungen, wobei er jedoch die Funkenscheibe mittels eines Siemensschen Elektromotors in Umdrehungen versetzt. — Derselbe stellt mittels des Ewingschen Apparates Magnetisierungskurven objektiv dar. — Herr P. Spies legt Mondphotographien von Prinz in Brüssel vor.

Sitzung am 22. Oktober 1894. Herr K. Geissler führt ein abgeändertes Lippichsches Universalkaleidophon vor, welches Schwebungen anzeigt. — Derselbe hält einen Vortrag über die experimentelle Behandlung der Trägheitsmomente im Schulunterricht.

Correspondenz.

Zu der Frage „Atwoods Fallmaschine oder Galileis Fallrinne" schreibt uns Herr Prof. Dr. W. Pscheidl in Wien:

Die Art, mit welcher Herr Höfler in seinem unter der gleichen Aufschrift in dieser Zeitschr. (*VII, 281-285*) veröffentlichten Aufsatz meiner in der Zeitschr. *Österr. Mittelschule VII, 354, 1893* abgedruckten Äusserung[1]) entgegentritt, veranlasst mich, hier nochmals auf dieses Thema zurückzukommen. Gewiss wird der Lehrer auf der Unterstufe des physikalischen Unterrichts, von

---

[1]) In dem Citat ist ein Druckfehler (S. 281) unberichtigt geblieben. Die betreffende Stelle lautet nämlich: Die Gleichungen für die Endgeschwindigkeit und den Weg u. s. w.

welcher hier die Rede ist, zunächst eine gleichmässig beschleunigte Bewegung auf der schiefen Ebene oder an der Fallmaschine erzeugen und deren Gesetze durch die Schüler unter seiner Anleitung bestimmen lassen. Dabei zeigt es sich sofort, dass die Fallmaschine der schiefen Ebene vorzuziehen ist; denn während man beim Herabrollen eines Körpers auf einer schiefen Ebene blos das Gesetz $s = at^2$ constatieren kann, kann man an der Fallmaschine durch Wiederholungen des Versuches und Abnahme des Übergewichts am Ende der 6., 5., und 4 u. s. w. Sec. ausser s_6, s_5, s_4 u. s. w. auch v_6 v_5, v_4 u. s. w. bestimmen und zeigen, dass $v_6 - v_5 = v_5 - v_4 = \ldots =$ einer Constanten γ ist und man es also mit einer Bewegung zu thun hat, bei welcher die Geschwindigkeit in gleichen Zeiten um gleich viel wächst. — Definition der gleichmässig beschleunigten Bewegung und der Beschleunigung. Ableitung der Gleichung $s = \gamma t^2/2$. — Das alles kann mit der Fallmaschine in ungezwungener Weise gewonnen werden, während man auf ein unüberwindliches Hindernis stösst, wenn man mittels der schiefen Ebene denselben Weg verfolgen will; dieses bildet der Energieverlust, welchen das Bewegliche beim Übergange von der schiefen zur horizontalen Ebene erleidet.

Ferner behandelt man in diesem Kapitel doch die Bewegung eines materiellen Punktes und die progressive Bewegung eines Körpers, zeigt aber, wenn man die schiefe Ebene statt der Fallmaschine nimmt, den Schülern als klassisches Beispiel hierfür das Herabrollen einer Kugel oder eines Wagens auf einer schiefen Ebene.

Hat der Schüler die Gesetze der gleichmässig beschleunigten Bewegung erfasst, so kommt die Frage nach deren Ursache zur Erledigung. Sollte der 14jährige Schüler noch nicht wissen, dass man durch Druck eine Bewegung erzeugen kann, so lasse man ihn ein Buch auf der Bank verschieben. Dass der Zug, welchen ein Körper an verschiedenen Punkten der an der Fallmaschine betrachteten Fallhöhe gegen die Erde erfährt, unveränderlich ist, kann man dem Schüler damit demonstrieren, dass man nach der Wegnahme des Übergewichtes dem einen Schälchen mit den auf ihm liegenden Gewichtsstücken verschiedene Höhenlagen giebt und constatiert, dass diesem jedesmal der entgegen wirkende Zug des zweiten Schälchens nebst seiner Belastung das Gleichgewicht hält. Damit ist es möglich, den Schüler zu überzeugen, dass die Schwerkraft für die in Betracht kommenden Höhen constant ist und dass die an der Fallmaschine beobachtete, gleichmässig beschleunigte Bewegung durch eine constante Kraft erzeugt wurde. Da die Kraft, welche den freien Fall bewirkt, constant ist, wie der Schüler nun weiss, muss der freie Fall ebenfalls eine gleichmässig beschleunigte Bewegung sein, für welche die oben gefundenen Gesetze gelten.

Herr A. Höfler bemerkt abschliessend zu demselben Gegenstande Folgendes:

Herr Pscheidl hat in Vorstehendem nur wiederholt, was ich selbst (*VII 289*) für Atwoods Fallmaschine angeführt hatte. Ebenso hatte ich bereits den „Energieverlust am Knie" gewürdigt, der gegen die Fallrinne mit wagrechtem Ansatz sprechen würde, wenn er eben nicht innerhalb der Grenzen der mit einem derartigen Apparat überhaupt zu beabsichtigenden Genauigkeit läge. Mit dem Schienenapparat werden solche Neigungen vorgeführt, für die der Fallraum der 1. Sek. 5 cm, bezw. 10 cm ist; also, von der Reibung abgesehen, mit rund $\sin\alpha = 1:100$, bezw. $1:50$. Wird die Geschwindigkeit, mit der sich der Wagen auf der wagrechten Bahn weiterbewegt, als $v\cos\alpha$ angenommen, so ist der Geschwindigkeitsverlust $v - v\cos\alpha \doteqdot v/20000$ bezw. $v/5000$, was sicher kein „unüberwindliches Hindernis" für die Vorführung des Versuches ist. Auch König (*diese Zeitschr. VII S. 6*), berichtet von seinen Versuchen, es „vollziehe sich der Übergang . . ohne wesentlichen Energieverlust". (Ähnlich Pfaundler, *Lehrbuch I, 140.*)

Wenn ferner Herr Pscheidl an der Drehbewegung der Kugel, bezw. der Rädchen des Wagens so grossen Anstoss nimmt, so hätte er meinen Hinweis auf die Drehung des Rädchens der Fallmaschine nicht mit Stillschweigen übergehen dürfen. Wie rechnet er die „Masse" des Rädchens in die Belastungen der Träger ein, ohne auf den Begriff „Trägheitsmoment" einzugehen? Stefan bezeichnete im Zusammenhange mit der von mir *VII 284* citierten Äusserung diese principielle Complication der Fallmaschine als so wesentlich, dass er den Gedanken anregte, ob man nicht statt des Rädchens etwa einen gläsernen Sattel oder dgl. anbringen sollte.

Was ich als Hauptgrund für die Fallrinne, gegen die Fallmaschine angeführt hatte — die Rücksicht auf das kindliche Interesse (für das Rollen einer Kugel, eines Wagens, nicht aber für den künstlichen Atwoodschen Apparat) und auf die kindliche Fassungskraft (welche für die begriffliche Unterscheidung von Gewicht und Masse noch nicht reif ist) lässt Herr Pscheidl überhaupt ganz ausser Acht.

Himmelserscheinungen im März und April 1895.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♁ Erde, ☉ Sonne, ♂ Mars,
♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☌ Conjunktion, □ Quadratur, ☍ Opposition.

	März						April						
Monatstag	2	7	12	17	22	27	1	6	11	16	21	26	
Helio-centrische Längen.	178°	197	214	229	243	257	271	285	300	317	336	358	☿
	34	42	50	58	66	74	82	90	99	107	115	123	♀
	162	167	172	177	182	187	192	196	201	206	211	216	♁
	98	101	103	105	107	110	112	115	117	119	121	124	♂
	97	98	98	98	99	99	100	100	101	101	101	102	♃
	212	212	213	213	213	213	213	213	213	214	214	214	♄
Aufst. Knoten.	353°	352	352	352	352	351	351	351	351	350	350	350	☾
Mittl. Länge.	54	119	185	251	317	23	89	155	221	287	352	58	☾
Geo-centrische Recta-scensionen.	43°	118	188	256	321	16	82	157	222	293	351	49	☾
	332	330	330	332	336	341	347	354	1	8	16	25	☿
	4	9	15	21	26	32	38	44	50	56	62	69	♀
	343	348	352	357	1	6	11	15	20	24	29	34	☉
	58	61	64	67	70	73	76	80	83	86	90	93	♂
	86	86	87	87	88	88	89	89	90	91	92	93	♃
	216	215	215	215	215	215	214	214	214	213	213	212	♄
Geo-centrische Dekli-nationen.	+21°	+25	− 5	−28	−18	+ 9	+29	+12	−21	−26	− 4	+23	☾
	− 8	−10	−11	−12	−11	−10	− 8	− 5	− 2	+ 1	+ 5	+ 9	☿
	+ 0	+ 3	+ 6	+ 8	+11	+13	+15	+17	+19	+21	+22	+23	♀
	− 7	− 5	− 3	− 1	+ 1	+ 3	+ 5	+ 6	+ 8	+10	+12	+14	☉
	+22	+22	+23	+23	+24	+24	+24	+25	+25	+25	+25	+25	♂
	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	♃
	−11	−11	−11	−11	−11	−11	−11	−11	−11	−10	−10	−10	♄
Aufgang.	18h45m	18.33	18.22	18.10	17.58	17.46	17.35	17.23	17.12	17.1	16.50	16.39	☉
	20h31m	0.22	8.13	15.4	17.20	18.6	20.43	2.37	10.8	14.54	15.55	17.7	☾
Untergang.	5h39m	5.48	5.57	6.6	6.14	6.23	6.32	6.41	6.49	6.58	7.7	7.15	☉
	12h50m	17.43	18.53	21.6	1.48	7.57	14.24	16.36	17.46	22.16	3.13	9.45	☾
Zeitglchg.	+12m20s	+11.12	+9.55	+8.30	+7.0	+5.29	+3.58	+2.29	+1.4	−0.13	−1.20	−2.16	☉

Daten für die Mondbewegung (in Berliner Zeit):

März	4	1h 33,m9	Erstes Viertel
„	9	14	Mond in Erdnähe
„	10	16 31,4	Vollmond
„	17	18 25,3	Letztes Viertel
„	21	20	Mond in Erdferne
„	25	23 18,6	Neumond
April	2	10h 21,m5	Erstes Viertel
„	6	18	Mond in Erdnähe
„	9	2 37,0	Vollmond
„	16	12 15,9	Letztes Viertel
„	18	14	Mond in Erdferne
„	24	14 4,7	Neumond.

Constellationen. März: 3 3h ♂ ☌ ☾; 4 15h β *Tauri* ☌ ☾, Bedeckung; 5 0h ♃ ☌ ☾; 10 sichtbare totale Mondfinsternis; 14 1h ♄ ☌ ☾; 17 18h ♃ □ ☉; 20 10h ☉ im Widder, Frühlings-Nachtgleiche; 23 11h ☿ ☌ ☾; 23 22h ☿ in grösster westlicher Ausweichung; 25 unsichtbare Sonnenfinsternis; 26 15h ☿ in Sonnenferne; 28 13h ♀ ☌ ☾; 31 15h ♂ ☌ ☾. — April: 1 10h ♃ ☌ ☾; 10 9h ♄ ☌ ☾; 12 15h α *Scorpii* ☌ ☾, Bedeckung; 23 18h ☿ ☌ ☾; 23 22h ♄ ☍ ☉; 25 15h ♂ ☌ ♃, ♂ 1° 27′ nördlicher; 27 11h ♀ ☌ ☾; 28 22h ♃ ☌ ☾; 29 1h ♂ ☌ ☾; 30 6h ♀ in Sonnennähe.

Meteore. Maximum der zweiten März-Hälfte und April-Schwarm vom 18.—23. bei gutem Wetter schön zu beobachten.

An den mondfreien Abenden der zweiten März-Hälfte ist das **Zodiakallicht** gegen 8h Ortszeit am Westhimmel zu beobachten. Im April gelingt die Auffindung nur dem Geübteren.

Veränderliche Sterne. 1) Algols-Minimum März 22 7h; 2) β und *R Lyrae* sind in den späten Abendstunden, noch besser morgens zu beobachten; α, δ *Orionis*, ζ, η *Geminorum* abends, η *Aquilae*, α und *g Herculis* morgens; δ und μ *Cephei*, α *Cassiopeiae* sind circumpolar.

J. Plassmann, *Warendorf*.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Otto Lange in Berlin C.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

VIII. Jahrgang. **Viertes Heft.** April 1895.

Einige Experimente aus der Lehre von den Schwingungen.[1])

Von
Dr. **H. J. Oosting** in den Helder (Holland).

1. In *Fig. 1* ist eine Vorrichtung abgebildet, wobei die Drehung der Axe eines kleinen elektrischen Motors (Griscom-motor) in eine geradlinige einfache Schwingung oder eine einfache harmonische Bewegung umgesetzt wird. Wie dies geschieht, wird aus der Figur deutlich sein. Die auf die Axe des Motors aufgesetzte Kurbel ist so construiert, dass man die Amplitude der Schwingung abändern und die Kurbel ausbalancieren kann. Eine der zwei sich hin- und herbewegenden Stangen endet in eine Klemme, worin ein zugespitztes Stück Messingblech befestigt wird. Während man den Motor 10 bis 20 Touren pro Sekunde machen lässt, zieht man einen berussten Glasstreifen unter dem messingenen Schreibstift hindurch und erhält eine Wellenlinie. Am besten verfährt man, wenn man unter den Schreibstift einen Holzklotz mit zwei darauf liegenden Leisten stellt, welche der Glasplatte als Führung dienen.[2])

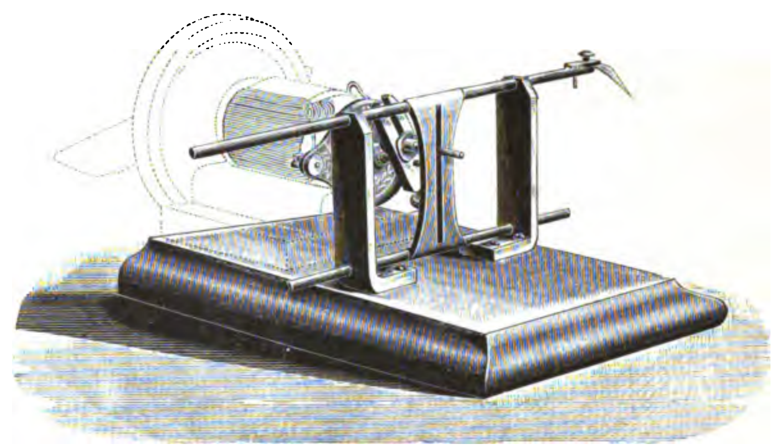


Fig. 1.

2. *Fig. 2* ist die Abbildung eines Apparates, womit man demonstriert, dass bei einem Pendel bei kleinen Ausweichungen die Kraft nach der Gleichgewichtslage der Abweichung proportional angenommen werden darf. Das Pendel besteht aus einer Bleischeibe,



Fig. 2.

[1]) Vgl. diese Zeitschr. *II 190 u. 241.*

[2]) Derselbe Apparat hat mir sehr gute Dienste geleistet für eine wissenschaftliche Untersuchung über erzwungene Schwingungen von Fäden und Stäben, welche an einem anderen Orte veröffentlicht werden soll.

welche an einem dünnen vertikalen Faden hängt. An der Scheibe ist ein zweiter Faden befestigt, welcher horizontal über eine feste Rolle läuft und eine kleine papierene Schale trägt. Ist die Masse der Bleischeibe 100 Gramm, so erhält man mit 2, 4, 6 Gramm in der Schale der Theorie nach 1,14°, 2,29°, 3,44°.

Das Pendel ist vor eine vertikale Glasplatte aufgehängt, auf welche eine Kreisteilung geätzt ist, deren Mittelpunkt mit dem Aufhängepunkt des Pendels zusammenfällt. Bei meinem Apparate ist der Radius der Kreisteilung 20 cm. Die Kreisteilung und der Aufhängefaden werden mittels eines Skioptikons projiziert. Zehntelteile der Grade werden geschätzt.

3. Dass die Verlängerung eines Fadens proportional der Belastung angenommen werden darf, kann in folgender Weise demonstriert werden. Ein Faden von dunkelbraunem Kautschuk ist am oberen Ende festgeklemmt und trägt am unteren Ende einen kleinen Blechring mit einem dünnen horizontalen Faden *a* (*Fig. 3*). Der Blechring trägt eine Schale aus Pappe. Die Vorrichtung wird vor der Beleuchtungslinse des Projektionsapparates in der Art aufgestellt, dass der Blechring parallel mit der Vorderfläche der Linse fällt. Vor den Projektionsschirm wird eine vertikale Centimeterteilung gehängt von z. B. 100 cm Länge mit Ziffer 0, 10 u. s. w. von unten nach oben. Man liest die Lage des Bildes des Fadens *a* ab, setzt ein Gewicht in die Schale, liest wieder ab u. s. w. Der Kautschukfaden, den ich bei diesem Experimente verwende, hat eine Länge von 40 cm und einen quadratischen Durchschnitt von 4 mm².

Fig. 3.

4. Um zu demonstrieren, dass die Biegung eines Stabes der Kraft proportional ist, verwende ich einen Stahlstab, welcher an einem Ende befestigt ist.

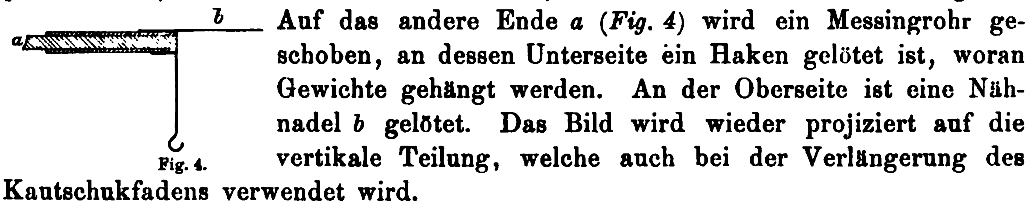


Fig. 4.

Auf das andere Ende *a* (*Fig. 4*) wird ein Messingrohr geschoben, an dessen Unterseite ein Haken gelötet ist, woran Gewichte gehängt werden. An der Oberseite ist eine Nähnadel *b* gelötet. Das Bild wird wieder projiziert auf die vertikale Teilung, welche auch bei der Verlängerung des Kautschukfadens verwendet wird.

5. Dass bei einem Pendel die Geschwindigkeit wächst von der grössten Ausweichung bis zur Gleichgewichtslage, lässt sich zeigen mit dem kleinen aus Messingdraht angefertigten Pendel, welches ich in *Fig. 5* gezeichnet habe (Länge etwa 5 cm). Dieses Pendel schwingt um die Spitzen *a* und *b*. Es trägt ein vertikales Spiegelchen *S* und eine Messingkugel mit Schraube. Lässt man auf das Spiegelchen ein horizontales Lichtbündel fallen, wie bei der Erzeugung der Lissajousschen Kurven (siehe unten ausführlicher), dann erhält man auf einem Schirm *A* (*Fig. 6*) eine vertikale Lichtlinie. Man kann auch einen Schirm mit Öffnung anwenden, wie unten beschrieben wird (*AB* in *Fig. 10*), oder wenn man es vorzieht, den Schirm der Lichtquelle gegenüber zu haben, so kann man das von *S* reflektierte Licht noch einmal an einem festen Spiegel reflektieren und endlich auf einen Schirm fallen lassen.

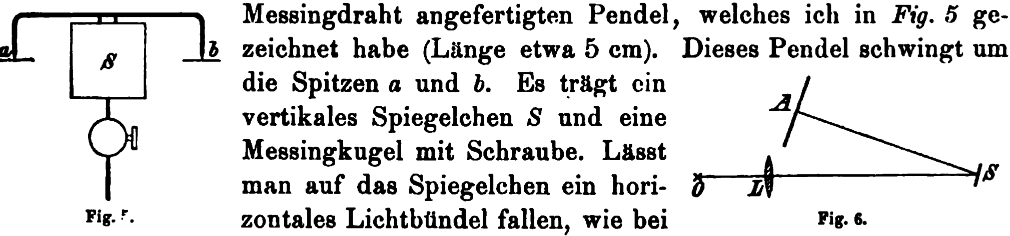


Fig. 5.

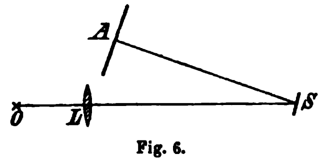


Fig. 6.

Vor der Öffnung *O*, welche das Licht durchlässt, wird nun eine Scheibe mit Öffnungen, welche in einem Kreis in gleichen Distanzen angebracht worden sind, gleichmässig gedreht, wodurch das Licht intermittirend durchgelassen oder

zurückgehalten wird, und statt der Lichtlinie erhält man auf dem Schirm eine Punktenreihe, deren Distanz nach den Enden kleiner wird.[3])

6. G. TISSANDIER hat in seinem Buche *„Les Récréations scientifiques"* eine Vereinfachung des TISLEYschen Harmonographen beschrieben. Bei dem TISLEYschen Apparate pendelt ein Tischchen, worauf ein Blatt Papier festgelegt ist, und ein Pendel zeichnet auf diesem Blatt die Lissajoussche Figur. Bei dem Apparate von TISSANDIER wird die Bewegung zweier Pendel, deren Schwingungsebenen zu einander senkrecht stehen, auf ein fein ausgezogenes Glasröhrchen übertragen; dieses ist mit Tinte gefüllt und zeichnet auf einem Blatt Papier die Kurve. Wenn man das eine Pendel festhält oder an seine Stelle einen festen Drehpunkt setzt, so ist diese Vorrichtung sehr zweckmässig, um von dem zweiten Pendel eine Sinusoïde zeichnen zu lassen (*Fig. 7*). Dazu habe ich auf dem Holzbrett zwei Holzleisten befestigt, zwischen welche ein Kartonstreifen passt. Auf dem Karton wird ein Streifen Schreibpapier festgelegt und das eine Ende des Kartonstreifens mittels eines Reissbrettnagels mit dem schmalen Papierstreifen eines Morse-Telegraphenapparates[4]) verbunden. Von diesem Apparate erhält der Karton mit dem Papierstreifen eine gleichförmige Bewegung. Die Schwingungsebene des Pendels steht auf der Richtung dieser Bewegung senkrecht und das Pendel beschreibt auf dem Papier eine Sinusoïde. In der Figur sieht man an der Vorderseite den oberen Teil des Pendels (*a*), während links sich ein fester Drehpunkt (*b*) befindet.

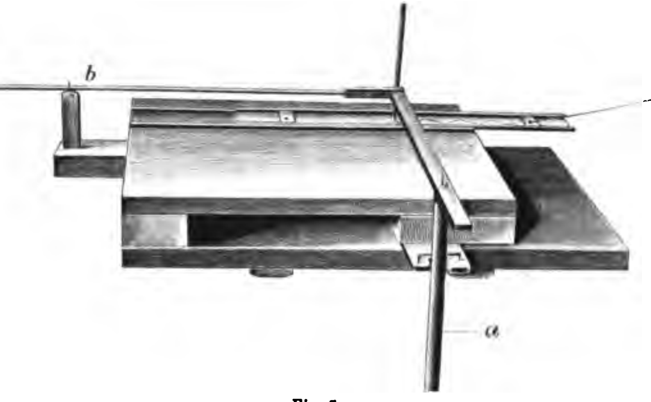


Fig. 7.

Statt eines ausgezogenen Glasröhrchens verwende ich bei diesem Versuche auch einen gläsernen Schreibstift, wie sie gegenwärtig käuflich sind. Für die Lissajousschen Figuren ziehe ich die Verwendung eines stählernen Stiftes vor, welcher die Figur auf einer berussten Glasplatte beschreibt. Mit dem Skiop-


Fig. 8.

---

[3]) TÖPLER, *Pogg. Ann. 128, 1866.*

[4]) Wenn man solchen nicht besitzt, wird wohl in anderer Weise die Bewegung erhalten werden können.

tikon kann dann die Figur projiziert werden. Zum Aufbewahren werden die Figuren in einer alkoholischen Lösung von Benzoëharz fixiert.

7. Für die Erregung der Lissajousschen Schwingungskurven mittels Stahlfeder[5]) mit Spiegel ist meiner Ansicht nach die in *Fig. 8* abgebildete Form der Apparate zweckmässig. An den Stangen, welche in den Fuss eines Tischchens passen, ist ein Quetschhahn nach Hofmann angelötet, worin die Feder befestigt wird. An das eine Ende der Stangen ist eine Stricknadel gelötet, auf welcher eine messingene Kugel mit Schraube zur Regulierung der Schwingungszeit verschoben werden kann.

8. Ich habe früher[6]) eine Vorrichtung beschrieben, wobei die Bewegung zweier aus Messingdraht angefertigter Pendel combiniert wird, indem eines dieser Pendel, welches ein horizontales Spiegelchen trägt, an dem zweiten Pendel so aufgehängt ist, dass die zwei Schwingungsebenen zu einander senkrecht stehen. In *Fig. 9* hängt das eine Pendel, welches das horizontale Spiegelchen trägt, auf einem längeren Pendel, und die Kugeln mit Schraube sind so reguliert, dass das Verhältnis der beiden Schwingungszeiten wie 1 : 2 ist (nämlich 20 ganze Schwingungen in 7,5 und 15 Sekunden). Neben dem Apparate liegt noch ein drittes Pendel. Wird dieses an die Stelle des grössten Pendels gesetzt und das Pendel mit dem Spiegelchen wieder darauf gehängt, so bekommt man das Verhältnis 1 : 1. Die Länge des kleinen Pendels ist etwa 5 cm.

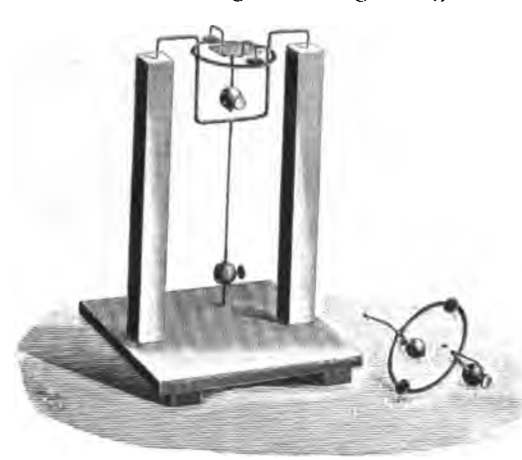


Fig. 9.

Früher hatte ich den Versuch in der Weise angeordnet, dass ich die Schwingungsfigur an der Decke erhielt. Nachher habe ich bessere Methoden aufgefunden:

Erste Methode (*Fig. 10*). *O* ist eine kleine Öffnung vor dem Heliostaten oder vor dem Projektionsapparate, *L* eine Linse, welche in passender Entfernung ein Bild der Öffnung *O* erzeugt. Vor die Linse stellt man einen Schirm *AB*, der in der Mitte eine kreisförmige Öffnung hat, um das Licht durchzulassen. Ungefähr halb so weit von dem Schirme wie das Bild der Öffnung wird jetzt ein Spiegel *P* gestellt, der unter 45° gegen das Lichtbündel geneigt ist. Dieser wirft das Licht nach unten auf das Spiegelchen *Q* des Pendelapparates. Das Licht wird von *Q* und *P* reflektiert und man erhält auf dem Schirme *AB* die Schwingungskurve.

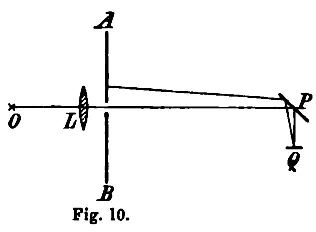


Fig. 10.

Zweite Methode (*Fig. 11*). *O* und *L* haben dieselbe Bedeutung wie vorher. Jetzt fällt das Licht, nachdem es von dem Spiegel *P* reflektiert worden ist, auf den Spiegel *R*, welcher senkrecht zu *P* gestellt ist und seine spiegelnde Fläche nach unten ge-

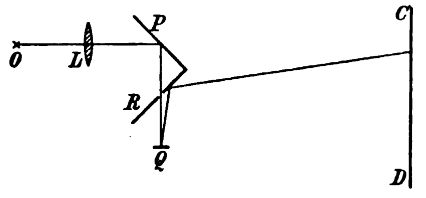


Fig. 11.

[5]) Müller-Pouillet-Pfaundler, *Lehrbuch der Physik.*

[6]) *Wied. Ann. 23, 416, 1888;* diese Zeitschr. *II 190.*

wendet hat. Von der Folie dieses Spiegels *R* ist in der Mitte ein Teil ellipsenförmig abgenommen worden. Durch die in dieser Weise erhaltene Öffnung (man könnte natürlich auch eine wirkliche Öffnung in *R* machen, aber das würde nicht so leicht gehen) wird das Licht auf das Spiegelchen *Q* geworfen. Von *Q* und *R* wird dann das Licht reflektiert, und die Schwingungsfigur entsteht auf dem Schirm *CD*.

Eine allgemeine Bemerkung über die Ausführung derartiger Experimente mittels eines Skioptikons sei mir noch gestattet.

Ich ziehe es vor, nicht das Objektiv des Skioptikons zu benutzen, um ein Bild der Öffnung zu entwerfen, sondern benutze eine Linse von 50 cm Brennweite und 8 cm Durchmesser. Von den Beleuchtungslinsen des Skioptikons nehme ich die vorderste ab. Man hat keinen Vorteil davon, die Lichtstrahlen stark auf die Öffnung convergieren zu lassen, wenn infolge davon in einiger Distanz doch wieder weniger Licht aufgefangen werden kann. Von den drei Flammen meines Skioptikons kommt nur die mittlere zur Wirkung. Man kann darum statt des Skioptikons einen einzelnen Petroleumflachbrenner verwenden, indem man an die Stelle des gewöhnlichen Glascylinders einen Blechcylinder setzt, welcher an der Vorderseite eine kleine Glasplatte erhält, wovor wieder ein Blechstreifen mit einer kleinen kreisförmigen Öffnung gesetzt wird.

Ein Apparat zur Erklärung der Entstehung der Kundtschen Staubfiguren.

Von

Prof. Dr. **Walter König**, Dozenten am physikalischen Verein zu Frankfurt a./M.

Der Apparat[1]) dient dazu, gewisse akustische Bewegungserscheinungen zu zeigen, vor allem die Anziehungen und Abstossungen, die zwischen zwei kleinen, leicht beweglichen Kugeln auftreten, wenn sie sich in einer hin- und herschwingenden Luftmasse befinden. Zur Erzeugung intensiver Luftschwingungen wird das von Herrn Neesen (*Wied. Ann. 30, S. 438, 1887*) angewandte Verfahren benutzt. Der Apparat besteht daher in erster Linie aus einer Glasröhre, 55 cm lang, 4,5 cm weit, die einerseits offen, andrerseits durch eine Membran von dünnem Kautschuk oder Pergamentpapier verschlossen ist. Die Luft in diesem Rohre wird dadurch in starke Schwingung versetzt, dass gegen die Mitte der Membran ein Kork schlägt, der an dem frei schwingenden Ende einer andrerseits festgeklemmten starken stählernen Feder befestigt ist. Diese Feder wird elektromagnetisch in Schwingung erhalten. Sie ist 9 cm lang, etwas über 1 cm breit; der Contakt, eine Bürste aus Platindraht, die einem verstellbaren Platinbleche gegenübersteht, sitzt $2^1/_2$ cm vom festen Ende der Feder; das freie Ende trägt ausser dem Kork eine kleine Eisenmasse, um den Schwingungen grössere Wucht zu verleihen. Der Elektromagnet nebst Feder und Contakt und die Glasröhre sind zusammen auf einem schmalen Holzbrette montiert; die Röhre ruht auf zwei Lagern, in denen sie parallel mit sich selbst verschoben und in beliebiger Lage festgeklemmt werden kann. Durch zwei Accumulatoren wird die Feder in lebhafte Schwingung versetzt. Verschiebt man dann die Röhre in ihren Lagern, so lässt sich die Stellung der Membran gegen den aufschlagenden Kork leicht so regulieren, dass neben

[1]) Der Apparat wurde auf der Naturforscher-Versammlung in Nürnberg gezeigt und ist aus dieser Veranlassung schon kurz in dieser Zeitschrift auf S. 154 des vorigen Jahrganges erwähnt worden. Eine ausführliche Beschreibung ist bislang noch nicht gegeben worden.

dem Geräusch des Anschlagens der Eigenton des Rohres deutlich hörbar ist, wozu eine genaue Abstimmung der Feder auf den Ton des Rohres nicht einmal erforderlich ist. In dieser Stellung haben die Luftschwingungen in dem Rohre die gewünschte Stärke und Regelmässigkeit. — Streut man Korkfeilicht in die Röhre, so bleibt dieses in der Nähe der Membran in Ruhe; weiterhin ordnet es sich in den Kundtschen Rippen an, deren Abstand mit der Annäherung an das offene Ende zunimmt; in der Nähe dieses Endes wird der Staub heftig emporgewirbelt und zum Teil hinausgeschleudert.

Um diese bekannte Anordnung des Staubes zu erklären, muss man zeigen, welche Kräfte zwischen zwei Körpern in einer schwingenden Luftmasse wirksam sind. Zu diesem Zwecke sind dem Apparate zwei kleine Gestelle beigegeben, die in die Glasröhre eingeschoben werden können. Jedes von ihnen trägt zwei kleine Pendelchen; diese bestehen aus dünnem, versilberten Kupferdraht, auf dessen unteres Ende eine Hollundermark-Kugel von ca. 1 cm Durchmesser aufgeschoben ist; das obere Ende ist zu einem Haken umgebogen, mit dem das Pendel in eine Öse eingehängt wird. Die Länge des Pendels vom Haken bis zur Mitte der Kugel beträgt 2,5 cm. Die Ösen sitzen an den Enden horizontaler Messingstäbe, die in Hülsen verschiebbar sind, und diese Hülsen sind an flachen Ringen befestigt, die, durch Querleisten verbunden, gerade in die Röhre hineinpassen. Das ganze Gestell ist so bemessen, dass es den Innenraum der Röhre möglichst wenig beschränkt und dass die Pendelkugeln möglichst frei und leicht beweglich im mittleren Raum der Röhre hängen. Bei dem einen Gestell (Fig. 1) ist die Anordnung so getroffen, dass die Verbindungslinie der Kugelmittelpunkte in die Längsrichtung der Röhre fällt; die Kugeln hängen im Sinne der Schwingungsrichtung der Luft hinter einander. Bei diesem Gestelle werden die Stäbchen, von deren Enden die Pendel herabhängen, so eingestellt, dass wenn die Kugeln frei und ruhig herabhängen, ihre Oberflächen sich eben berühren (Fig. 1a). Wird das Gestell dann in die Röhre geschoben und die Luft in der beschriebenen Weise in Schwingung versetzt, so entfernen sich die Kugeln von einander bis auf einen Abstand von ca. 4 mm zwischen den nächstgelegenen Punkten ihrer Oberflächen (Fig. 1b).

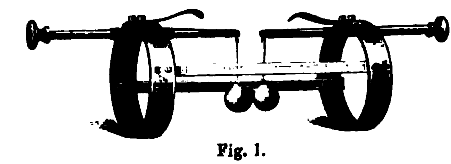


Fig. 1.

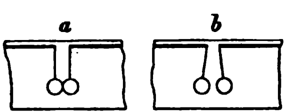


Fig. 1a. Fig. 1b.

Bei dem anderen Gestell (Fig. 2) sind die Pendelträger so angeordnet, dass die Kugeln im Sinne der Schwingungsrichtung neben einander hängen, d. h. die Verbindungslinie ihrer Mittelpunkte auf der Längsaxe der Röhre senkrecht steht. Hier werden die Kugeln so eingestellt, dass 4 bis 5 mm Zwischenraum zwischen ihnen ist. Dann ziehen sie sich an bis zur Berührung, sobald und solange die Luftschwingungen erregt werden (Fig. 2a und 2b).

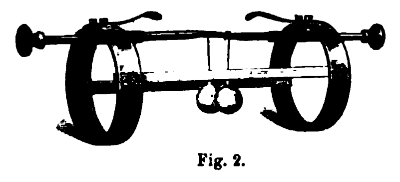


Fig. 2.

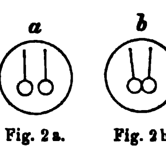


Fig. 2a. Fig. 2b.

Diese Versuche lehren, dass zwischen Körpern in einer schwingenden Luftmasse bewegende Kräfte vorhanden sind, und zwar stossen sich die Körper scheinbar ab, wenn sie hinter einander, sie ziehen sich scheinbar an, wenn sie neben einander im Sinne der Schwingungsrichtung sich befinden. Ich habe an anderer Stelle (*Wied. Ann. 42, S. 549—563, 1891*) nachgewiesen, dass diese Kräfte

aus der ungleichmässigen Verteilung des Druckes folgen, den die bewegte Flüssigkeit auf die Oberflächen der in ihr ruhenden Kugeln ausübt, und dass somit diese Erscheinungen nur eine besondere Form der von Herrn Bjerknes ausführlich untersuchten hydrodynamischen Anziehungs- und Abstossungserscheinungen sind[2]). Die Theorie gestattet das Gesetz dieser Kräfte zu berechnen und lehrt, dass für Kugeln, deren Radien unendlich klein gegen ihren Abstand sind, die Kräfte von derselben Form, aber entgegengesetztem Vorzeichen sind, wie die Kräfte zwischen zwei unendlich kleinen, parallelen Magneten (vgl. Kirchhoff, *Mechanik S. 251*). Die hier beschriebenen Versuche aber zeigen, dass die hauptsächlichste Eigenschaft dieser Kräfte, Abstossung in der Schwingungsrichtung, Anziehung senkrecht dazu, auch für Kugeln bestehen bleibt, deren Radien gross gegen ihren Abstand sind.

Aus der Existenz dieser Kräfte folgt durch einfache Überlegung das Gesetz, das sich in den Kundtschen Staubfiguren ausspricht. Befinden sich nicht zwei, sondern viele, unregelmässig verteilte Körper in einer schwingenden Luftmasse, so müssen sie das Bestreben haben, sich an einander zu lagern in Ebenen, die auf der Schwingungsrichtung senkrecht stehen, und die sich gegen einander in einem bestimmten, von der Stärke der Schwingung abhängigen Abstande halten. Das ist gerade diejenige Erscheinung, die man in der Rippenbildung der Kundtschen Staubfiguren vor sich hat. Ihrem Wesen nach entspricht sie dem bekannten Versuche mit den Eisenfeilspähnen in einem Magnetfelde; nur sind wegen des entgegengesetzten Vorzeichens der Kräfte die Anordnungen der Teilchen in den beiden Fällen gewissermaassen complementär zu einander. Die Kraftlinien beim magnetischen Versuche entsprechen der Stromrichtung beim hydrodynamischen Versuche. Die magnetisch bewegten Teilchen gruppiren sich zu Linien in Richtung der Kraftlinien, die hydrodynamisch bewegten zu Flächen, senkrecht zur Stromrichtung.

Die Ausbildung flacher Querwände bei dem Kundtschen Versuche wird noch dadurch befördert, dass die Korkteilchen nicht rund, sondern unregelmässig, flach oder länglich gestaltet sind. Solche Körper haben in einer schwingenden Luftmasse die Tendenz sich mit ihrer Längserstreckung quer gegen die Richtung der Schwingung einzustellen, eine Thatsache, die ebenfalls in bekannten Sätzen der Hydrodynamik ihre Begründung findet (siehe *Wied. Ann. 43, S. 43—60, 1891, 50, S. 639—658, 1893*). Um auch diese Erscheinung in grossem Maassstabe zeigen zu können, ist dem Apparat ein drittes Gestell beigegeben, das ebenfalls in die Röhre eingeschoben werden kann, und das als Träger eines kleinen Hakens dient. An diesem können kleine, flache oder länglich gestaltete Körper, z. B. Scheiben aus Cartonpapier, an Coconfäden leicht drehbar aufgehängt werden. Sobald die Luftschwingungen erregt werden, stellen sich die aufgehängten Körper mit ihrer flachen Seite oder ihrer Längserstreckung stets senkrecht zur Schwingungsrichtung. (Versuch von Rayleigh, vgl. *Proc. Cambr. Phil. Soc. Nov. 1880*; *Proc. Royal Soc. 5. Mai 1881*; *Phil. Mag. (5) 14, S. 186, 1882*).

---

[2]) Der Referent in dieser Zeitschrift (*VII 154*) scheint einen Zweifel an dieser Behauptung ausdrücken zu wollen durch die Bemerkung, dass bei den Bjerknesschen Versuchen bei gleicher Phase der Schwingung stets Anziehung, bei entgegengesetzter Phase stets Abstossung eintrete. Die Übereinstimmung ist jedoch sofort ersichtlich, wenn man sich klar macht, dass im Sinne der Bjerknesschen Ausdrucksweise der Fall 1 der obigen Versuche einer Schwingung in entgegengesetzten Phasen, der Fall 2 einer Schwingung in gleichen Phasen entspricht.

Die beschriebenen Erscheinungen, die Anziehungen und Abstossungen der Kugeln, die Einstellungen der Scheibchen würden in gleicher Weise, wie in einer hin- und herschwingenden Luftmasse, auch in einem constanten Luftstrome erfolgen, nur dass eine Störung der rein hydrodynamischen Wirkungen durch die fortführende Wirkung der einseitig strömenden Luftmasse auf die leicht beweglichen Körper eintreten würde. Dass die rein hydrodynamischen Wirkungen in einem Wechselstrom dieselben sind wie in einem constanten Strom, beruht auf dem Umstande, dass sie vom Vorzeichen des Stromes unabhängig sind. Sie sind dem Quadrat der Stromstärke proportional. Ebenso kommt ein Schalenkreuz (Dvoraksches Schallradiometer), dessen Drehung von der Richtung des Windes ja überhaupt unabhängig ist, in einer hin- und herströmenden Luftmasse so gut wie in einem constanten Luftstrom in Rotation, wie zuerst Herr Hagenbach bemerkt hat (*Wied. Ann. 30, S. 451, 1887*). In dieser Weise schliesst sich der Versuch mit dem Schallradiometer an den hier vorliegenden Gedankenkreis an und dient wesentlich zu dessen Erläuterung. Es ist daher dem Apparate auch ein aus Aluminium gefertigtes Schallradiometer beigegeben.

Einem grösseren Auditorium empfiehlt es sich, die Vorgänge in der Röhre objektiv durch Abbildung mittels der Projektionslampe zu zeigen. Für die Mehrzahl der beschriebenen Erscheinungen ist es dabei erforderlich, den Vorgang so, wie er von oben gesehen erscheint, auf den Schirm zu werfen. Der Apparat muss daher auf diejenige Vorrichtung aufgesetzt werden, die zur Projektion horizontaler Gegenstände dient, und um dabei dem projizierenden Lichtbündel den Durchgang durch die Röhre in vertikaler Richtung zu gestatten, enthält das den Apparat tragende Brett unterhalb der Röhre einen Schlitz von passender Breite und Länge.

Der Apparat nebst Zubehör wird von Herrn F. Ernecke in Berlin angefertigt.

Über einen neuen Trägheitsmomenten-Apparat.

Von

Dr. **Friedrich C. G. Müller** in Brandenburg a./H.

Die trägen Massen des in Fig. 1 abgebildeten Apparats zur Einführung in die Lehre vom Trägheitsmoment sind Ringe A von mindestens 25 cm Durchmesser aus 0,4 cm starkem Messingdraht, die sich mittels einer Aufhängevorrichtung von verschwindendem Trägheitsmoment so gut wie widerstandslos um ihre geometrische Axe drehen.

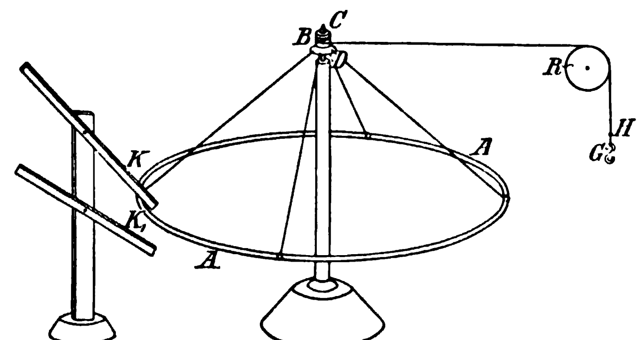


Fig. 1.

Die neue Aufhängevorrichtung besteht aus einem Holzröllchen B, welches mittels des Hütchens C auf der Stahlspitze D drehbar ist. Durch vier rechtwinklig angeordnete feine Bohrungen in dem unteren vorspringenden Rande des Röllchens sind Fäden von 30 cm Länge geknüpft. Diese sind an ihren freien Enden mit kurzen Häkchen aus dünnem Drahte versehen, in welchen der Ring A zu liegen kommt.

Eine solche Vorrichtung kann sich jeder Physiklehrer binnen zwei Stunden, so wie ich es gethan, ohne Kosten selbst herstellen. *B* ist ein mitten durchgesägtes Garnröllchen von etwa 2 cm Durchmesser. Das Hütchen macht man aus einem in die Rollenbohrung passenden Glasrohr. Als Spitze dient eine Stopfnadel, deren hinteres, ausgeglühtes Ende mit der Feile zugeschärft wird. Beim Eintreiben in das Holzstativ fasst man die Nadel mit einer Flachzange und richtet Hammerschläge auf die letztere.

Dies Röllchen mit den Fäden und Haken wiegt nur 6,6 gr und der blosse Augenschein lehrt, dass sein Trägheitsmoment gegen das der Ringe ganz und gar verschwindet.

Man gebraucht für die grundlegenden Versuche einen Ring von 50 cm Durchmesser und zwei von halber Grösse. Die Grössenverhältnisse werden durch Abwägen des Drahts herausgebracht. Wenn die Ringe schön werden sollen, muss man sie vom Mechaniker machen lassen. Ich bemerke aber, dass ich mir auch selber binnen wenigen Minuten aus Sprungfederdraht einen 50 cm Ring zurechtgebogen habe und die Enden mit einem Stück dickwandigen Kautschuckschlauch zusammenschloss. Dieser rohe Ring gab im Apparate völlig zufriedenstellende Zahlen.

Der Antrieb des Systems geschieht in bekannter Weise durch einen über eine feine Rolle *R* geführten, durch Gewichte gespannten Faden. Diese Rolle braucht nicht als eigener Zubehör des Apparates zu gelten, da in jedem Cabinet deren mindestens zwei vorhanden sein sollten. Der Faden kann mittels eines Häkchens, das man in eine Bohrung am Rande von *B* steckt, in jedem Augenblick befestigt oder gelöst werden. Das Aufwickeln des Fadens auf das Röllchen geschieht dadurch, dass man das System durch Anstoss in Umdrehung versetzt.

Das Einlegen eines Ringes lässt sich in wenigen Secunden bewerkstelligen. Man hält ihn in horizontaler Lage etwas höher, als er nachher zu liegen kommt, hängt die Fäden nach aussen darüber, senkt ihn, worauf die Haken von selber fassen. Hinterher schiebt man die Haken in die rechtwinklige Stellung, zu welchem Zweck die Ringe mit entsprechenden Marken versehen sind.

Das Loslassen des Ringes bei einem bestimmten Secundenschlage ist nicht gut mit freier Hand auszuführen. Zu dem Zweck dient die in der Figur links sichtbare einfache Vorrichtung, bestehend aus einem hinreichend schweren Fuss und einem senkrechten Holzstab darauf, an dem in passender Höhe mittels Stiften die Arme K und K_1 angebracht sind und sich mit gelinder Reibung drehen. Dadurch dass man den Hebel K, wie Figur zeigt, leicht gegen den Ring drückt, ist das System festgestellt. Wenn man ihn im bestimmten Momente mit einem Stabe zurückschlägt, ist die Bewegung ohne jeden störenden Stoss ausgelöst.

Die Stellung des Rings und der Betrag seiner Drehung wird durch die vier Fäden angezeigt, von denen man den einen mit schwarzer, den gegenüberstehenden mit roter Tinte fleckig macht. Als feste Visiermarke dient für alle Schüler die Mittelsäule des Stativs.

Zum Apparate gehört eine Anzahl von Grammhaken *G*, die an das Häkchen *H* gehängt werden. Letzteres soll die Reibung gerade überwinden und ist seine richtige Herstellung für die Genauigkeit der Ergebnisse von grosser Bedeutung. Man verfährt am besten so, dass man zugleich mit einem Gramm ein etwas zu schweres Häkchen in die Fadenschlinge hängt und davon solange Stückchen abschneidet, bis die erste Umdrehung des Systems genau in der be-

rechneten Zeit erfolgt. Vor der Klasse zeigt man beim Beginn einer Versuchsreihe, dass der Ring mit dem Häkchen *H* allein bei leissem Anstoss sich gleichmässig bewegt. Beim Aufbewahren hängt man einen der kleinen Ringe ein, spiesst aber auf die Spitze ein dünnes oben zugespitztes Holzstäbchen und setzt auf dieses das Hütchen.

Der ganze Apparat lässt sich in weniger als 10 Minuten fertig zum Gebrauch zusammenstellen. Seine Handhabung verlangt zwar etwas Einübung, aber kein nennenswertes Experimentiergeschick. Wer einen Blick auf die Zeichnung wirft, muss zugeben, dass dieser Apparat an Einfachheit und Übersichtlichkeit wohl seines Gleichen sucht. Seine Kosten sind entweder gleich Null oder sie fallen ganz ausser Betracht. Die Ergebnisse erfolgen ohne Zeitverlust so genau, dass die Dauer des ersten Umlaufs bis auf eine Zehntelsecunde mit der Rechnung stimmt. Deshalb unterlasse ich es auch, noch bestimmte Versuchsergebnisse beizufügen.

Was die Verwendung des beschriebenen Apparates anbetrifft, so beschränkt sie sich selbstverständlich nicht blos auf die Lehre vom Trägheitsmoment. Schon in der Untersecunda dient er neben der Fallmaschine zur Vorführung der Gesetze der gleichmässig beschleunigten Bewegung, wobei jedoch auf die absoluten Werte keine Rücksicht genommen wird. Auf der Oberstufe wird er zunächst bei dem nämlichen Capitel verwendet, der Hauptnachdruck aber auf das Übereinstimmen der beobachteten absoluten Werte mit der Theorie gelegt. Vor der Klasse wird der grosse Ring gewogen; seine Masse ist 168,0 gr. Dann übergebe ich ihn den Schülern zum Nachmessen; als Mittel ergiebt sich der Durchmesser zu 49,6 cm. Auch den Rollendurchmesser lasse ich von den Schülern mit Hilfe eines gewöhnlichen Schraubenmikrometers bestimmen; man erhält 2,15 cm. Mit diesen ein für alle Mal zu bemerkenden Constanten ergiebt die Rechnung in Übereinstimmung mit der Beobachtung für die Zeit des ersten Umlaufs bei 1 gr Antriebsgewicht 35,1 Secunden. Der Apparat leistet also mehr als die Atwoodsche Fallmaschine, bei der ja das unbekannte Trägheitsmoment der Rolle nicht vernachlässigt werden kann.

Bei der Lehre vom Trägheitsmoment wiederholen sich die Experimente; aber unter einem anderen Gesichtspunkte. Hier gilt es zu zeigen, dass eine Punktmasse am doppelten Radius die vierfache Trägheit hat, d. h. eine vierfache Kraft erfordert, um in der nämlichen Zeit den ersten Umlauf zu vollenden. Zu dem Zweck werden erst der grosse Ring, hinterher die zwei Ringe von halber Grösse und Masse zugleich, der eine concentrisch auf den anderen liegend, in den Apparat gehängt. Nachdem so der Begriff des Trägheitsmoments eines Massenpunkts gewonnen, schreitet man zu einem System von zwei und mehreren Punkten vor. Ein solches ergiebt ohne weiteres, indem man den grösseren Ring in die Haken und einen oder mehrere kleinere lose auf die Fäden legt.

Nunmehr wird das allgemeine Theorem über die parallele Schwerpunktsaxe theoretisch entwickelt und die Berechnung der Trägheitsmomente einfacher Gebilde durchgeführt. Zur Bestätigung hängt man einfache aus 4 mm Draht gebogene Figuren, z. B. ein Quadrat oder gleichseitiges Dreieck von etwa 40 cm Seitenlänge in den Apparat. Diese Figuren kann man auch unter sich oder mit Ringen combinieren. Endlich können mitten ausgeschnittene Blechscheiben, abgestumpfte Hohlkegel u. s. w. verwendet werden. So bietet sich eine grosse Auswahl von Versuchen, deren Vorausberechnung sich für häusliche Arbeiten bestens eignet. —

An die vorstehende Beschreibung schliessen wir einen Rückblick auf die

älteren Apparate zur Demonstration des Trägheitsmoments. Es braucht wohl kaum hervorgehoben zu werden, dass dabei nur solche in Frage kommen, welche direct zeigen, dass die Winkelbeschleunigung einer mit einer Axe starr verbundenen Punktmasse mit dem Quadrat des Radius abnimmt. Nicht als Trägheitsmomenten-Apparate sind solche anzusprechen, die, wie z. B. physische Pendel aller Art, erst nach einer Kette schwieriger Denkoperationen eine bloss indirecte Bestätigung bieten. Ebensowenig können an Drähten aufgehängte, Torsionsschwingungen vollführende, Massensysteme dazu dienen, in die Lehre vom Trägheitsmoment „einzuführen", wie Noack *d. Zeitschrift V 193* vorschlägt.

Der älteste wirkliche Trägheitsmomenten-Apparat ist eine Art Fallmaschine, bei der an Stelle der einfachen Rolle ein System von zwei oder mehreren auf der nämlichen Welle befestigten Nutenscheiben tritt. Hängt man nun den Faden mit den beiden Laufgewichten über die eine oder andere Scheibe, so ist das gleichbedeutend mit einer Änderung des Abstandes beider Massen von der Drehungsaxe. Es ist aber unmöglich, das Trägheitsmoment der Rolle verschwindend klein zu machen. Ein unbekannter Addend stört also die Proportion. Demnach kann der Apparat erst dann zu absoluten Messungen dienen, wenn der Begriff des Trägheitsmomentes theoretisch hergeleitet und der Wert desselben für die Kreisscheibe berechnet ist. Auf der anderen Seite stimmt der Versuch insofern nicht mit den wirklichen Verhältnissen, als die trägen Massen der Laufgewichte sich als solche nicht an der Drehbewegung beteiligen.

Den letzteren Mangel suchen einige neuere, sich ebenfalls an die Atwoodsche Fallmaschine anlehnende Construktionen abzuhelfen. Sie sind im Prinzip übereinstimmend, weshalb wir nur die in dieser Zeitschrift von Hartl (*V 174*) und von Höfler (*VII 234*) beschriebenen Apparate erwähnen. Das Wesentliche besteht darin, dass bestimmte regelmässig geformte träge Massen nach Belieben mit der Rolle zu einem drehbaren System verbunden werden. Beim zuerst genannten Apparat werden an ein Speichenkreuz Ringe, Stäbe, Platten u. s. w. befestigt. Die vorgeschriebenen Grössen und Massenverhältnisse sind indessen ganz verwickelte teilweise irrationale Zahlen und die Art zu experimentieren folgt einem Plane, den nur ein Meister in der Mechanik übersieht und versteht. Höfler versieht die Rolle der Fallmaschine mit zwei langen Aluminiumarmen, in deren Schlitzen Laufgewichte paarweise in verschiedenen Abständen von der Axe festgeklemmt werden können. Das Trägheitsmoment eines solchen Gestelles setzt sich aus einem halben Dutzend Addenden zusammen. Und nun werden die verschiebbaren cylindrischen Laufgewichte von 110 gr als Punktmassen angesehen und gar an einem Radius von nur 10 cm! Wenn dieser Fehler durch die nach auswärts gestellten Ausschnitte der Laufgewichte verdeckt wird, so wird die Sache dadurch gewiss nicht besser. Überhaupt ist in meinen Augen ein messender Schulversuch, der von einem Dutzend der Controlle des Schülers unzugänglichen Constanten abhängt, nicht mehr wert, als ein gedachter Versuch einer Aufgabensammlung.

Daneben leiden alle Trägheitsmomenten-Apparate mit horizontaler Axenlage des drehbaren Systems unter der technischen Schwierigkeit des genauen Ausbalancierens, wodurch sie sehr kostspielig werden. Und selbst wenn der Apparat tadellos aus den Händen des Mechanikers hervorgegangen, wird er durch das geringste Misgeschick in Unordnung gebracht.

Dies führt uns auf diejenigen Apparate, bei denen sich das System wie eine Magnetnadel auf einer Spitze dreht. Ihre Unabhängigkeit von der Schwerkraft

ist ein ganz unschätzbarer Vorzug. Hierher gehört der durch meine rotierende Scheibe (d. Ztschr. *I 205*) angeregte Apparat von Koppe (d. Ztschr. *V 8*). Bei demselben werden auf einer mit Antriebrolle versehenen Holzleiste Gewichte paarweise in verschiedenen Abständen von der Drehungsaxe niedergelegt. Auch dieser Apparat hat mit dem Trägheitsmoment des Gestells zu rechnen; aber dies lässt sich leicht vor den Augen der Schüler, oder durch die Schüler selbst während des Unterrichts ausmitteln. Den Laufgewichten kann man leicht eine solche Form geben, dass sie ohne bemerkbaren Fehler als Punktmassen angesehen werden können. Demnach steht nichts im Wege, dass der gedachte Apparat im Unterricht gute Verwendung findet. Ob man damit, wie Koppe, induktiv vorgehen will, ist eine rein methodische Frage. Übrigens hat es mit der vorgeführten Induktion eine eigene Bewandtnis. Es werden flache Bleiringe als Laufgewichte benutzt, die — man beachte dies wohl — niemals von der Leiste genommen, sondern für gewöhnlich die Holzrolle in der Mitte der Leiste concentrisch umgeben. Jetzt erscheint ihr Trägheitsmoment in 50 cm Abstand von der Drehungsaxe in der That viermal grösser als in 25 cm Abstand. Die Ringe gelten als in ihrem Mittelpunkte vereinte gleich grosse Punktmassen. Nur der Kenner bemerkt, dass dies unstatthaft ist und dass in dieser Weise nicht das Grundgesetz, sondern der Satz von der parallelen Schwerpunktsaxe demonstriert wird. Es ist nun immerhin die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass ein geweckter Schüler einwendet: Wenn wirklich das Trägheitsmoment dem Abstande der Ringmitte quadratisch proportional ist, dann muss doch im Abstande Null, also wenn die Ringe mitten auf der Leiste liegen, ihr Trägheitsmoment ebenfalls Null sein, was doch offenbar falsch ist. Die Freude über einen solchen Einwand wäre doch nicht ungemischt. Meines Erachtens dürfte sich auf der Oberstufe für die ganze Mechanik nur der streng deduktive Lehrgang empfehlen. Ich gedenke auch fernerhin für die Prima daran festzuhalten, trotzdem nunmehr mit der Erfindung des beschriebenen Krinolinenapparates der Weg für die induktive Behandlung der Lehre vom Trägheitsmomente offen gelegt ist. Dagegen kann schon in der Untersecunda gezeigt werden, dass ein Schwungradring bei gleichem Gewichte aber doppeltem Durchmesser eine vierfache Wirksamkeit besitzt.

Nachtrag. Ich habe den obigen Apparat inzwischen noch zu andern Zwecken im Unterricht verwandt. Um das Gesetz von der Äquivalenz von Arbeit und lebendiger Kraft zu demonstrieren, belastet man den Faden mit einem Gewicht, wickelt ihn 1 bis 2 mal um die Rolle und überlässt das System sich selber. Das Gewicht steigt nach dem Abwickeln fast genau wieder auf die nämliche Höhe und der Ring dreht sich über eine Viertelstunde lang vor und zurück. — Bei der Behandlung der Vibrationsbewegung wurden mehrere Versuche der folgenden Art ausgeführt und von den Schülern berechnet. An zwei gegenüberliegenden Punkten des Ringes knüpft man zwei Fäden, welche in der Verlängerung des Durchmessers über etwa 3 m entfernte Rollen gehen und durch gleiche Gewichte gespannt werden. Der um einen kleinen Winkel aus seiner Ruhestellung gedrehte Ring schwingt dann lange Zeit, und die rechnungsmässigen Schwingungszahlen stimmen gut mit den beobachteten. Ich habe vor Jahren bereits ähnliche Versuche mit der auf einer Spitze rotierenden Blechscheibe ausgeführt (vgl. d. Zeitschr. *I 207*). Die Scheibe stellt dabei aber ein physisches Pendel dar, während der Ring als mathematisches gelten kann. Übrigens stimmen die Zahlen des älteren, schwereren Apparats lange nicht so gut mit der Theorie, wie die des neuen.

Ein Universal-Lampenrheostat.

Von
Professor **C. Heim** in Hannover[1]).

1. Batterien aus Glühlampen werden, nach dem Vorgange Edisons, schon seit Jahren als Belastungswiderstände verwendet. Als solche besitzen sie verschiedene schätzbare Eigenschaften, so z. B. die, dass sie aus einer Anzahl ganz gleicher Teile bestehen, sodass man durch successives Ein- oder Ausschalten einzelner Lampen, oder Lampengruppen, die Belastung um ganz bestimmte, im Voraus bekannte Beträge allmählich verändern kann. Ferner ist, eine einigermaassen gleichmässige Spannung vorausgesetzt, ein Überhitzen oder Verbrennen von Teilen des Rheostaten, auch bei unvorsichtigem Manipulieren an demselben, nicht möglich. Man sieht weiter sofort, welche Stücke des Ballastwiderstandes unter Strom sind, welche nicht, und ist im Stande, den Betrag der verbrauchten elektrischen Energie nach der Zahl der brennenden Lampen ungefähr zu schätzen. Bei dem jetzigen geringen Preise der Glühlampen bietet die in einfacher Weise zu montierende Lampenbatterie zugleich ein Mittel, sich für wenig Geld und Mühe einen Ballastrheostaten herzustellen, der auf kleinem Raume eine verhältnismässig grosse Menge elektrischer Arbeit zu verzehren gestattet. Endlich — und dies ist wohl die vornehmste Eigenschaft der Lampenbatterie — ist sie so gut wie induktionsfrei.

In neuerer Zeit hat man in Schulen, welche an eine elektrische Centrale angeschlossen sind, mehrfach Lampenbatterien als Belastungswiderstände verwendet. Ich habe, und zwar zunächst für den Gebrauch in technischen und anderen Laboratorien, einen Lampenrheostaten construiert, welcher auch den Bedürfnissen der Schulen besser angepasst werden kann als die Widerstände der bisher gebräuchlichen Art. Diese Lampenbatterie besitzt folgende Eigenschaften:

a) Ein und derselbe Satz Glühlampen ist im Stande, Ströme der verschiedensten Spannungen aufzunehmen.

b) Der Widerstand der Batterie ist nicht, wie bisher, nur sprungweise um mindestens den Widerstandsbetrag einer Glühlampe zu verändern, sondern er ist in fast beliebig kleinen Abstufungen regulierbar.

Die letztere Eigenschaft ermöglicht, die Lampenbatterie auch in Fällen, in denen ein in möglichst kleinen Intervallen veränderlicher Rheostat verlangt wird, z. B. als Ballast- oder Vorschaltwiderstand bei Messungen an Accumulatoren, verwenden zu können.

Die genannten Vorzüge sind erreicht durch eine besondere Art von Schaltung, die das Charakteristische des Apparates ausmacht und die sich mit verhältnismässig einfachen Mitteln praktisch ausführen lässt.

2. Prinzip der Schaltung. Die Lampen sind in einer Anzahl Reihen angeordnet. Alle Lampen einer Reihe sind ein- für allemal hintereinander geschaltet. In Fig. 1, welche drei solche, von oben nach unten laufende Reihen von nur je drei Lampen zeigt, sind die einzelnen Glühlampen LL durch leere Kreise angedeutet. Die Striche zwischen diesen Kreisen bezeichnen die leitenden Verbindungen, durch welche die Lampen jeder Reihe in Serie geschaltet sind. Zu beiden Seiten jeder Lampenreihe läuft eine Metallschiene SS, sodass also die Reihen der Lampen mit diesen Schienen abwechseln. In der Mitte zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Lampen ist eine kleine Kurbel k aus Metall angebracht, die mit dem Leitungsstück, das die beiden Lampen verbindet, in Contakt und um ihren Befestigungspunkt drehbar ist. Die Länge dieser

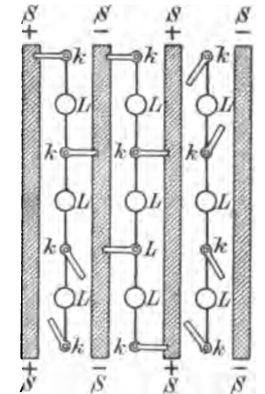


Fig. 1.

1) Auszug aus einem Vortrag, der auf der Jahresversammlung des Verbandes der Elektrotechniker Deutschlands zu Köln am 29. September 1893 gehalten und in der *E. T. Z. XV 50, 1894* veröffentlicht wurde.

Kurbeln ist so gewählt, dass sie sich auf jede der beiden, rechts und links von ihnen befindlichen Schienen *SS* mit ihrem Ende nach Belieben auflegen lassen. Im letztgenannten Falle stehen die Kurbeln senkrecht zur Richtung der Schienen. Dreht man eine solche Kurbel jedoch in eine schiefe Stellung, sodass sie mit der Schienenrichtung einen Winkel von 30 bis 60° bildet, so ist sie ausser Verbindung mit der Schiene. Der Spielraum, den jede Kurbel hat, beträgt etwa 300°, sodass sie sowohl auf die rechts als auf die links von ihr laufende Schiene aufgeschoben werden kann. In Fig. 13 haben die einzelnen Kurbeln *kk* alle möglichen Stellungen, um ihre Beweglichkeit zu veranschaulichen.

Um eine nach dem Schema Fig. 1 eingerichtete Lampenbatterie in der gebräuchlichen Weise, d. h. sämtliche Lampen parallel, in einen Stromkreis einschalten zu können, werden die aufeinanderfolgenden Schienen *SS* abwechselnd mit dem positiven und dem negativen Pole der Stromquelle verbunden, was in Fig. 1 durch die Zeichen + und — angedeutet ist. Wie dies geschieht, ist unten näher erläutert. Nun hat man von den von oben nach unten aufeinanderfolgenden Kurbeln *kk* einer Reihe immer nur die eine auf die rechte Schiene, die nächste auf die linke Schiene, die folgende wieder auf die rechte u. s. f. zu schieben.

Die mittelste Lampenreihe in Fig. 1 ist so geschaltet. Von den nicht am Ende einer Reihe befindlichen Kurbeln führt jede den beiden ihr benachbarten Lampen Strom zu. Eine solche Kurbel wird also von dem Doppelten der Stromstärke, welche eine Lampe erfordert, durchflossen. Dass auf solche Weise alle Lampen sich in Bezug auf den die Batterie durchfliessenden Strom in Parallelschaltung befinden, ist ohne Weiteres verständlich; ebenso, dass man, von einem Ende einer Reihe anfangend, durch successives Wegdrehen der Kurbeln von den Schienen, eine Lampe nach der anderen ausschaltet. Dagegen können die einzelnen Reihen nicht als Ganzes ausgeschaltet werden.

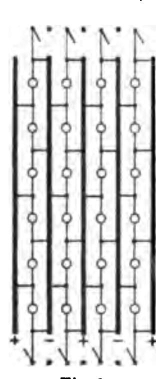


Fig. 3.

Fig. 3 veranschaulicht in einfachster Weise das Schema einer Batterie, deren sämmtliche Lampen parallel eingeschaltet sind. Die Schienen sind durch starke schwarze Linien, die Kurbeln durch einfache Striche angedeutet. Von den Teilen, die sich ober- und unterhalb der Schienen noch befinden, wird sogleich die Rede sein.

Ist die zur Verfügung stehende Spannung höher, als der für eine Lampe erforderliche Betrag, so schaltet man die Lampen nicht einzeln parallel, sondern gruppenweise so, dass jede Gruppe soviel Lampen in Serie enthält, als erforderlich sind, damit keine mehr als ihren normalen Strom enthält. Dies wird einfach so erreicht, dass man nur die an den Enden einer solchen Lampengruppe befindlichen beiden Kurbeln auf die betreffenden Schienen aufschiebt, die dazwischen liegenden dagegen so stellt, dass sie mit keiner Schiene in Verbindung sind. Hat die Spannung z. B. einen höheren Betrag, als man der einzelnen Lampe zumuten darf, während sie aber das Doppelte dieses Wertes nicht übersteigt, sondern z. B. zwischen beiden liegt, so sind Gruppen von je zwei hintereinander verbundenen Lampen parallel zu schalten. Wie die Verbindungen für diesen Fall auszuführen sind, zeigt Fig. 4 im Schema. Die Zeichnungsweise ist die nämliche, wie bei Fig. 3.

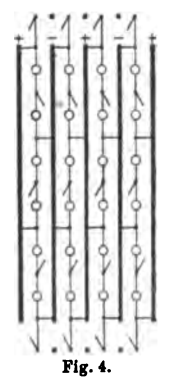
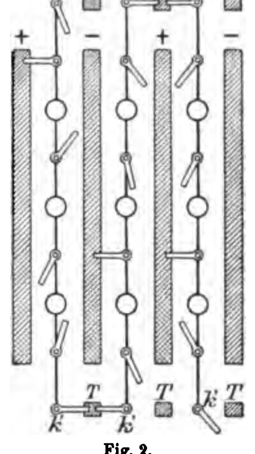


Fig. 4.

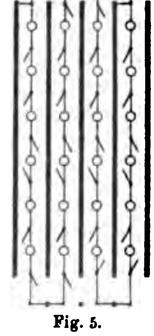
In derselben Weise lassen sich Serien von 3, 4 und mehr Lampen parallel schalten, bis die ganzen Lampenreihen als solche Serien verwendet werden. Übersteigt jedoch die Spannung den Betrag, welchen eine Reihe Lampen in Hintereinanderschaltung aufnehmen kann, so besteht die Möglichkeit, sich auf andere Weise zu helfen. Fig. 1 enthielt noch nicht die sämtlichen zu dem Apparate gehörigen Teile. Wie aus Fig. 2 hervorgeht, sind ober- und unterhalb der Lampenreihen und Schienen noch weitere Schaltungsstücke angebracht. Es sitzt zunächst in der Verlängerung jeder Schiene, an beiden

Enden derselben, in einiger Entfernung je ein Metallstück T, das von der Schiene isoliert ist und auch mit sonst keinem Teile des Apparates leitende Verbindung hat. Ferner setzt sich das Verbindungsstück, das die erste bzw. die letzte Lampe jeder Reihe mit der ersten bzw. letzten Kurbel k verbindet, noch über diese Kurbel hinaus fort. Es führt zu einer weiteren Kurbel k' (Fig. 2), die sich ihrerseits zwischen zwei der genannten Metallstücke T befindet. Die Zeichnung macht besser, als durch Worte möglich, die Einrichtung klar. Auch ergiebt sich aus derselben ohne Weiteres die Bestimmung dieser Kurbeln k'. Sie ermöglichen, zwei benachbarte Lampenreihen, unter Umgehung der dazwischen liegenden Schiene S, in Verbindung zu bringen, und zwar kann eine solche Verbindung nach Erfordernis am oberen oder unteren Ende der betreffenden Reihe ausgeführt werden. Man hat nur die Endkurbeln k' der beiden Reihen auf das zwischen ihnen liegende Stück T aufzuschieben.


Fig. 2.

Durch diese Einrichtung ist man in den Stand gesetzt, die Lampen in grösseren Serien, als die in einer Reihe befindliche Anzahl beträgt, hinter einander zu schalten und damit Ströme von beliebig hoher Spannung aufzunehmen bis zu dem Betrage, den die sämtlichen Lampen der Batterie, zu einer einzigen Serie verbunden, erfordern. In Fig. 2 enthält jede von oben nach unten laufende Lampenreihe drei Lampen. Wie ersichtlich, sind jedoch jedesmal vier Lampen zu einer Serie verbunden. Es sind zwei solche Serien vorhanden, die sich in Parallelschaltung befinden. Die eine Lampe, welche übrig ist, ist ausgeschaltet.

In derselben Weise, nur in noch einfacherer Zeichnungsweise, veranschaulicht Fig. 5 wie die Lampen einer Batterie, die aus vier Reihen von je sechs Lampen besteht, in vier parallele Serien von je fünf Lampen geschaltet werden können, wobei vier Lampen unbenutzt übrig bleiben. Die Schienen SS sind in allen bisher betrachteten Fällen abwechselnd mit dem positiven und dem negativen Pole der Stromquelle in Verbindung zu denken, wie durch die Zeichen + und — angedeutet.

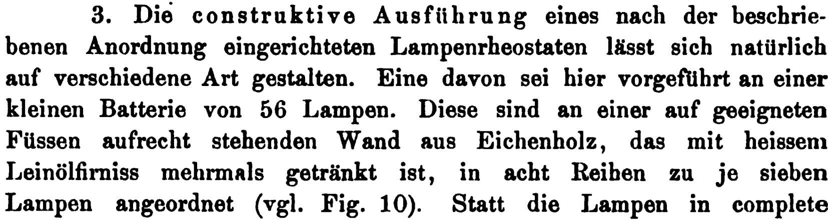

Fig. 5.

Hat man es mit einer so hohen Spannung zu thun, dass die Anzahl der in Serie zu verwendenden Lampen die Gesamtzahl der vorhandenen gerade, oder nahezu, erreicht, so ist es, wenn der Spannungsbetrag über 1000 V liegt, zweckmässig, nur die beiden Schienen, deren man in diesem Falle bedarf, mit der Stromquelle zu verbinden, die übrigen dagegen isoliert zu lassen. Es wird dadurch der Stromübergang durch die isolierende Unterlage vermindert. Fig. 6 giebt das Schema einer Batterie von vier Reihen à sechs Lampen, bei der sämtliche Lampen in eine einzige Serie geschaltet sind. Enthält der Rheostat Glühlampen von 100 V, so ist er in diesem Falle im Stande, eine Spannung von 2400 V aufzunehmen. Wie durch die Zeichen + und — angedeutet, ist nur die erste und vierte Schiene in den Stromkreis eingeschaltet.

Fig. 6.

Wenn in dem unter b) erwähnten Falle verlangt wird, dass der Widerstand der Batterie in ganz kleinen Abstufungen verändert werde, so erreicht man dies in folgender Weise: Man bildet den Gesamtwiderstand nicht durch Parallelschalten von lauter gleichen Einzelwiderständen, sondern schaltet neben eine Anzahl parallel verbundener kleiner, einander gleicher Widerstände einen grösseren, dessen Betrag sich nach Belieben verändern lässt. Dies geschieht so, dass man neben eine Anzahl einzelner Lampen eine Serie von mehreren schaltet, deren Anzahl man nach Erfordernis vergrössert oder vermindert. Dadurch wird der Gesamtwiderstand, wie leicht einzusehen,

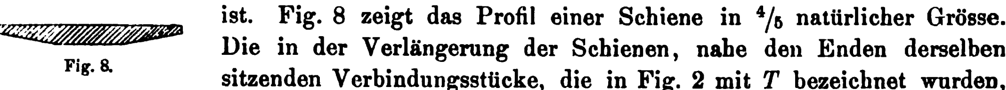
nur um geringe Beträge verändert, um so weniger, je mehr Lampen die genannte Serie enthält. Bei dem Schema Fig. 7 sind 13 Lampen einzeln parallel und daneben dann noch eine Serie von fünf Lampen geschaltet.


Fig. 7.

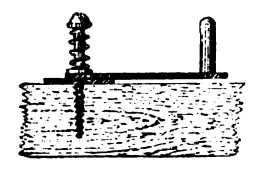
Es lassen sich statt einer solchen Serie nach Belieben auch mehrere anwenden, wie denn überhaupt mit der im Vorstehenden beschriebenen Anordnung der Lampenbatterie die mannigfachsten Schaltungscombinationen ausgeführt werden können.

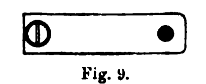
3. Die constructive Ausführung eines nach der beschriebenen Anordnung eingerichteten Lampenrheostaten lässt sich natürlich auf verschiedene Art gestalten. Eine davon sei hier vorgeführt an einer kleinen Batterie von 56 Lampen. Diese sind an einer auf geeigneten Füssen aufrecht stehenden Wand aus Eichenholz, das mit heissem Leinölfirniss mehrmals getränkt ist, in acht Reihen zu je sieben Lampen angeordnet (vgl. Fig. 10). Statt die Lampen in complete Glühlampenfassungen einzusetzen, sind der Wohlfeilheit halber nur die blechernen Muttergewinde von Edison-Fassungen benutzt. Die Verbindung von einer Lampe zur nächsten besteht aus einem Streifen von 1 mm starkem Messingblech, auf dessen einem Ende das Gewinde für die eine Lampe gelötet ist, während das schmal zulaufende andere Ende etwas von der Grundplatte abgebogen ist und in das Blechgewinde für die nächste Lampe, durch einen Ausschnitt im letzteren, hineinragt. Wird eine Glühlampe eingeschraubt, so berührt deren unteres Contaktstück das eben genannte federnde Ende des Messingstreifens, der die Verbindung mit der nächsten Lampe, bzw. mit der dazwischenliegenden Kurbel, herstellt. Die Messingstreifen sind mittels je zweier versenkter Schrauben auf die Holzwand aufgeschraubt.

Die zu beiden Seiten der Lampenreihen sitzenden Metallschienen sind aus Messing von 30 mm Breite und 3 mm Dicke hergestellt. An beiden Seiten sind sie auf einer Breite von 10 mm abgeschrägt, sodass an den Kanten das Metall nur noch 1,5 mm stark ist. Fig. 8 zeigt das Profil einer Schiene in $^4/_5$ natürlicher Grösse. Die in der Verlängerung der Schienen, nahe den Enden derselben sitzenden Verbindungsstücke, die in Fig. 2 mit T bezeichnet wurden, besitzen das nämliche Profil. Ihre Länge beträgt jedoch nur 20 mm. Diese Stücke sowohl wie die Schienen selbst sind mittels versenkter Schrauben auf der Holzunterlage befestigt.


Fig. 8.

Die Schaltkurbeln (k und k' in Fig. 1 und 2), die sich ober- und unterhalb der Lampen befinden, sind in ganz einfacher Weise hergestellt. Der drehbare Teil besteht aus 12 mm breitem und 1 mm starkem Messingblech, das an einem Ende (Drehpunkt) durchlocht, am anderen Ende mit einem aufgenieteten Stifte versehen ist, der senkrecht zu dem Blechstück 20 mm weit heraussteht. Ein Teil der Kurbeln der hier vorgeführten Batterie ist noch einfacher ausgeführt. Bei diesen ist, statt des aufgenieteten Stiftes, das Blech selbst, das entsprechend länger geschnitten ist, 20 mm in die Höhe gebogen und an dem den Griff darstellenden Ende etwas abgerundet. Durch das Loch am einen Ende wird eine Holzschraube aus Messing gesteckt, auf welche vorher, oberhalb der Kurbel, zwischen diese und den Schraubenkopf, eine stählerne Spiralfeder, nebst Unterlagscheibchen an beiden Enden, aufgeschoben worden ist. Durch ein Loch in der Mitte des Messingstreifens, der zu den nächststehenden Glühlampen führt, wird die Schraube in die Holzwand so weit eingedreht, als ihr Gewindeteil reicht. Das glatte Ende der Schraube bildet dann die Axe für die Kurbel, die durch den Druck der über ihr sitzenden zusammengepressten Spiralfeder gezwungen wird, in jeder Stellung, die man ihr mit der Hand giebt, stehen zu bleiben. Fig. 9 giebt die Ansicht einer solchen Kurbel von der Seite und von oben, in $^1/_2$ natürlicher Grösse. Das äussere Ende der Kurbel, durch welches der Contakt mit den Schienen etc. hergestellt wird, ist an beiden




Fig. 9.

Seiten etwas abgerundet, um die Kurbel ohne Hindernis auf die abgeschrägte Kante einer Schiene aufschieben zu können. Die Kurbel wird hierbei etwas gehoben und übt in Folge dessen, durch Wirkung der Feder, einen gewissen Druck auf die Unterlage aus. Dieser Druck und die Grösse der Berührungsflächen reichen völlig aus, um einen genügenden Contakt herzustellen. Ist die Batterie mit 16-kerzigen Glühlampen für 65 V besetzt, so ist die Stromstärke, die durch einen Kurbelcontakt geht, nicht über etwa $2 \times 0{,}8 = 1{,}6$ A. Eine Erwärmung wurde in diesem Falle, bei andauerndem Stromdurchgang, nicht beobachtet. Aber selbst wenn Lampen von 32 NK und 65 V angewandt wurden, sodass der Strom also etwa das Doppelte des obigen Betrages erreichte, wurden die Contaktstellen kaum merklich erwärmt.

Die Lampen stehen so weit auseinander, dass man bequem mit der Hand dazwischen an die Kurbeln fassen kann. Bei mässigen Spannungen, bis 200 V etwa, können diese mit ungeschützten Fingern auch dann verstellt werden, wenn die Batterie unter Strom ist. Werden Ströme von höheren Spannungen angewendet, so bedient man sich dazu eines genügend langen Stäbchens aus Hartgummi, wenn man nicht vorzieht, vor jeder Veränderung der Schaltung den Strom zu unterbrechen.

Für höhere Spannungen als etwa 2000 V sind die Metallteile einer in der beschriebenen Weise auf Holz montierten Lampenbatterie nicht genügend isoliert. Im Falle man genötigt ist, höhere Spannungen in Lampen zu verzehren, was wohl nur selten vorkommen dürfte, empfiehlt es sich, als Unterlage Hartgummi zu verwenden, oder aber die Holzwand in mehreren, durch Luftschichten getrennten Brettern auszuführen, die von einem Rahmen aus Hartgummi oder einer ähnlichen Isoliersubstanz zusammengehalten werden. Für die weitaus meisten Fälle wird indessen eine Batterie mit Holzunterlage ausreichen.

Fig. 10 giebt eine photographische Ansicht des oben genannten Rheostaten für 56 Lampen wieder. Einige Glühlampen sind weggenommen, damit die Schaltungsteile deutlich erkennbar werden. Die Klemmschrauben am oberen und unteren Rande stehen mit den Messingschienen durch starke, auf der Rückseite laufende Kupferdrähte in Verbindung, und zwar so, dass die erste obere Klemme mit der ersten, die erste untere Klemme mit der zweiten Schiene, die zweite obere Klemme mit der dritten, die zweite untere Klemme mit der vierten Schiene verbunden ist, u. s. f. Bei Strömen, deren Spannung 500 bis 600 V nicht übersteigt, werden durch geeignete Verbindungsstücke alle oberen Klemmen unter sich und ebenso alle unteren Klemmen unter sich verbunden. Der eine Pol der Stromquelle kommt dann an die obere, der andere Pol an die untere Klemmenreihe. Dadurch stehen die auf einander folgenden Messingschienen abwechselnd mit den entgegengesetzten Polen in Verbindung.

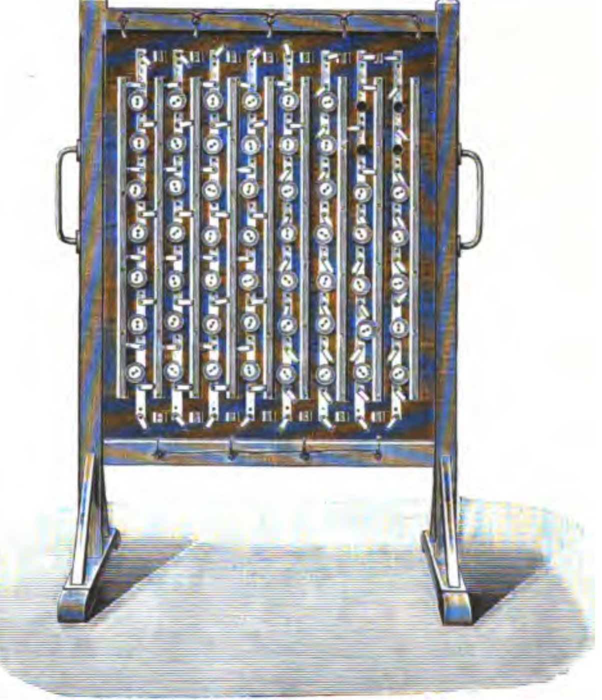


Fig. 10.

Es braucht kaum erwähnt zu werden, dass sich nach dem hier beschriebenen Schaltungsprincip Batterien mit jeder beliebigen Anzahl von Glühlampen ausführen lassen.

Im Falle die Spannung des von einem bestimmten Lampenrheostaten aufzunehmenden Stromes einen solchen Betrag hat, dass die Glühlampen nicht mit ihrer normalen, sondern mit einer geringeren Lichtstärke brennen (wenn z. B. bei 100-voltigen Lampen die Spannung nur 60, oder aber 140 oder 260 V etc. beträgt), so verzehrt der Rheostat einen entsprechend geringeren Betrag an elektrischer Energie. Reicht dieser jedoch nicht aus, um z. B. eine zu untersuchende Dynamomaschine oder dergl. genügend zu belasten, und steht eine zweite Batterie nicht zur Verfügung, so ist ohne Weiteres klar, dass durch Einsetzen anderer Lampen, und zwar entweder solcher für andere Spannung, oder solcher von anderer Lichtstärke (z. B. 32 statt 16 NK), es sich erreichen lässt, dass die Batterie eine grössere Anzahl Watt als zuvor aufzunehmen im Stande ist.

Weitere Beiträge zur Hydromechanik.

Von

Hans Hartl in Reichenberg (Deutschböhmen).

1. Apparat zum Nachweise, dass der hydrostatische Druck von der Neigung der gedrückten Fläche gegen das Niveau unabhängig ist.

Die gedrückte Fläche besteht aus einer elastischen Membrane *m* (Fig. 1), welche über den kreisrunden Rand des glockenförmigen Glasgefässes *a* gespannt ist und durch den Messingring *r* festgehalten wird. Der Messingring hat zwei diametral gestellte Fortsätze *p* und ausserdem die angegossene Platte *t*. Die in den Fortsätzen *p* angebrachten Löcher dienen zur Aufnahme der wagerechten Stifte, in welche die Messingstreifen *g g* auslaufen. Diese sind oben verstärkt, zweimal rechtwinklig gebogen und im oberen Teile *A* zusammengelötet. Die erwähnten Stifte bilden eine Axe, um welche sich der Messingring *r* leicht dreht. Von dieser Axe nach aufwärts zählt die an *A* angebrachte Centimeterteilung. An der Platte *t* ist das Gussstück *n* mit dem Arme *u* angeschraubt. *n* trägt eine Skala *S*, während *u* den Drehpunkt *O* für den Zeiger *Z* trägt. Dieser Zeiger ist durch ein kleines Gelenksstück mit einem Scheibchen verbunden, das an der Mitte der Membrane angekittet ist. Der Zeiger samt Gelenksstück und Scheibchen ist bezüglich des Drehpunktes *O* äquilibriert. Der enge Teil des Glasgefässes *a* ist durch einen Gummischlauch *S* mit einer entsprechend

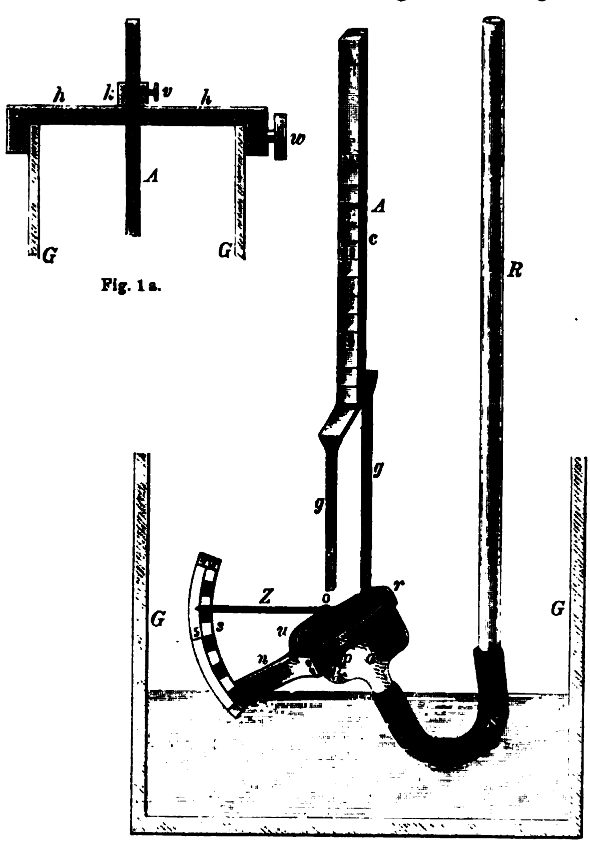


Fig. 1a.

Fig. 1.

langen Glasröhre in Verbindung. Der Messingstab *A* bewegt sich lose gleitend in einer Führung *k*, welche auf einem Metallstege *h* angebracht ist und in welcher *A* mittels einer Klemmschraube *v* in jeder beliebigen Höhe festgehalten werden kann. Der Steg *h* wird auf den Rand eines prismatischen Glasgefässes *G* von 25 cm Länge, 15 cm Breite und 40 cm Höhe aufgesetzt und mittels der Schraube *W* festgeklemmt (Fig. 1a). Das Gefäss *G* ist in der Figur

nur angedeutet, ebenso das Wasser, welches etwa bis *c* reichen sollte. Füllt man nun das Gefäss *G* mit Wasser, während man die Röhre *R* durch eine am Stege *h* angebrachte (in der Figur nicht gezeichnete) Klemme festhält, so wird, sobald das Wasserniveau die Membrane erreicht, dieselbe durch den hydrostatischen Druck eingebogen und diese Einbiegung durch den Zeiger deutlich sichtbar gemacht werden. Je höher das Wasser im Gefässe steigt, desto weiter schreitet der Zeiger an der Skala vor und zeigt in solcher Weise die Abhängigkeit des Druckes von der Tiefe der gedrückten Fläche unter dem Niveau an. Bisher ist durch das Festklemmen von *A* und *R* die Membrane in derselben Lage (am besten horizontal) erhalten worden. Nun stellt man *A* so ein, dass das Niveau bei einem bestimmten Teilpunkte, z. B. 25, steht und liest die Angabe des Zeigers, z. B. 7,5 ab. Hierauf nimmt man die Glasröhre *R* aus der Klemme und dreht durch geeignete Bewegungen derselben das Gefäss *a* in alle möglichen Lagen, von Zeit zu Zeit anhaltend und die Zeigerstellung ablesend. Die constante Stellung des Zeigers beweist, dass auch der Druck unverändert geblieben ist, dass er also von der Neigung der Fläche gegen das Niveau unabhängig ist. — Zur Vervollständigung des Versuches empfiehlt es sich, auch noch die Abhängigkeit des Druckes von der Dichte der Flüssigkeit zu zeigen. Dies geschieht einfach in folgender Weise: Nachdem man etwas Wasser durch einen Saugheber abfliessen liess (wobei man das Zurückgehen des Zeigers an der Skala von den Schülern beobachten und ausdeuten lässt), wird *A* so eingestellt, dass das Niveau z. B. bei 10 (also 10 cm über der Axe des Ringes *r*) steht und die Zeigerstellung (z. B. 3,5) abgelesen. Nun schüttet man irgend ein leicht lösliches Salz zu und stellt nach vollzogener Auflösung den Teilstrich 10 wieder genau in das Niveau ein. Der Zeiger wird nun, entsprechend der Zunahme der Flüssigkeitsdichte, auch einen grösseren Druck anzeigen.

Es braucht wohl kaum hervorgehoben zu werden, dass die Mündung der Röhre *R* stets über das Niveau ragen muss, da ja *R* den Zweck hat, den Raum hinter der Membrane mit der atmosphärischen Luft in Verbindung zu erhalten.

Die Axe *p* befindet sich, wie Fig. 1 zeigt, nicht mit dem Rande der Membrane in einer Ebene, sondern etwas tiefer, so zwar, dass bei einer bestimmten Niveauhöhe (25 cm) die Axe durch den Mittelpunkt der Pfeilhöhe der eingebogenen Membrane geht. Denn nur dann kann man sagen, dass sich bei der Drehung der eingebogenen Membrane ihre Tiefe unter dem Niveau nicht verändert. Bei einer anderen, als der angegebenen, an dem Apparate besonders markierten Niveauhöhe wird beim Drehen der Membrane eine kleine Hebung bezw. Senkung derselben gegen das Niveau eintreten; doch ist dieselbe so unbedeutend, dass sie unberücksichtigt bleiben kann.

Ebenso ist die Excentricität des Druckmittelpunktes bei vertical oder schräg stehender Membrane so gering, dass sie nicht zum Ausdrucke gelangt. Sie beträgt bei 25 cm Niveauhöhe und 60 mm Membranendurchmesser weniger als 2 mm. Soll die Membrane ausgewechselt werden, so wird zuerst das Scheibchen von der Membrane losgelöst, dann das Messingstück *n* und endlich der Ring *r* abgenommen, worauf nach Erneuerung der Membrane in verkehrter Ordnung vorgegangen wird.[1])

Dem Wunsche, die Anzeigevorrichtung aus dem Wasser in die Luft zu verlegen, entsprang eine zweite, in Fig. 2 dargestellte Form des Apparates. *A* und *B* stellen zwei gusseiserne Cylinder vor, welche in Verbindung mit zwei zwischen ihnen eingekitteten kreisringförmigen Platten aus starkem Glase ein Gefäss von hohlcylindrischer Form bilden, das durch die Öffnung *o* mit Flüssigkeit gefüllt werden kann. Diese Öffnung ist durch einen versenkten Pfropfen zu verschliessen. In dem Mantel des Cylinders *B* ist ein kreisrundes Loch, durch welches der Glascylinder *C* gesteckt ist (Fig. 3). Ein Ring aus Filz besorgt die Dichtung und entsprechende Reibung. Der Cylinder *C* ist durch eine Membrane *M* geschlossen und trägt über dieser den Messingring *m*. An den Ring *m* ist ein

---

[1]) Der elegant ausgestattete, tadellos funktionierende Apparat wird vom Präzisionsmechaniker Ferd. Ernecke, Berlin SW 46, für M. 90,— geliefert.

Arm angeschraubt, der die Axe für den Zeiger Z trägt. Dieser sowie seine Verbindung mit der Membrane können so wie in Fig. 1 gestaltet sein, nur muss der Zeiger eine doppelte Biegung besitzen, da er über der vorderen Glasplatte auf der am Rande von A angebrachten Skala S zeigen soll. In Fig. 2 ist die Einrichtung des Zeigerwerkes etwas anders durchgeführt. Eine kleine Zahnstange s ist bei p an der Membrane befestigt und gleitet mit dem anderen Ende in der Führung h. Die Zahnstange greift in das Zahnrädchen r, das in einen vom Messingringe m ausgehenden (in Fig. 2 nicht verzeichneten) Arm gelagert ist. Der Zeiger Z ist mit dem Zahnrädchen fest verbunden. Die ganze Zeigervorrichtung ist in Bezug auf die Axe des Zahnrädchens äquilibriert. An der rückwärtigen Wand ist in der durch Fig. 4 dargestellten Weise pendelnd eine Centimeter-Skala angebracht, deren Drehpunkt mit dem Mittelpunkte des Kreises B zusammenfällt und zugleich den Nullpunkt der Skala bildet.

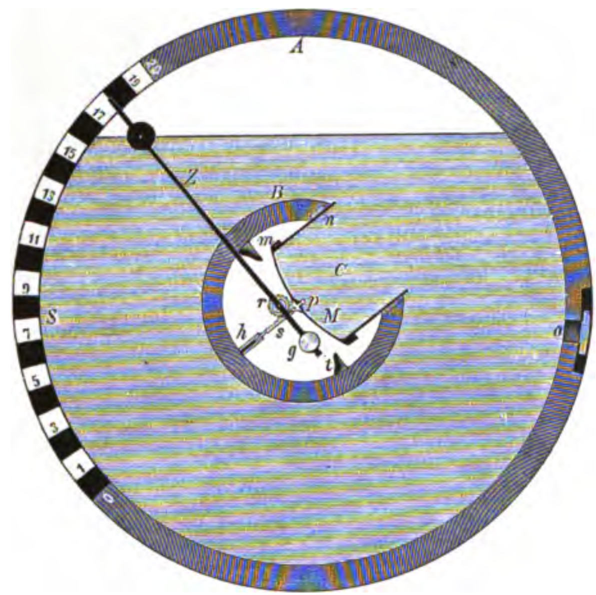


Fig. 2.

Um mit Hülfe dieses Apparates die Unabhängigkeit des hydrostatischen Druckes von der Neigung der gedrückten Fläche nachzuweisen, füllt man denselben bis zu einer entsprechenden Höhe mit Wasser, wobei der Zeiger Z durch den gegen die Membrane M gerichteten hydrostatischen Druck auf einen bestimmten Strich der Skala S (z. B. 15) getrieben wird. Wenn nun der Apparat über den Experimentiertisch gerollt wird, so bleibt das Niveau vor den Augen der Schüler in constanter Lage; die ausgebogene Membrane verbleibt mit dem Mittelpunkte ihrer Pfeilhöhe stets im Centrum, also in gleicher Tiefe[2]) unter dem Niveau, verwendet aber ihre Lage gegen das Niveau bei einer vollen Umdrehung um 360°. Der Zeiger zeigt hierbei stets den gleichen Druck an, wodurch das angeführte Gesetz erwiesen erscheint. Da der Cylinder C mit entsprechender Reibung an dem Filzringe n verschoben werden kann, so lässt sich für jede Niveauhöhe der Mittelpunkt der Membranen-Pfeilhöhe genau centrieren.

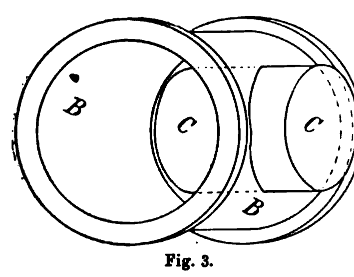


Fig. 3.

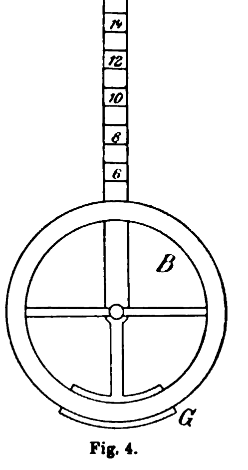


Fig. 4.

Selbstverständlich kann der Apparat beim Versuche auch auf der Stelle gedreht werden. — Soll die Membrane ausgewechselt werden, so schraubt man zuerst die Führung h und die Stifte t (welche für gewöhnlich das Herausziehen von C verhindern) ab und zieht dann den Cylinder C vollständig heraus. Erst dann wird die Zeigervorrichtung abgeschraubt, der Ring m abgenommen und die Membrane ausgewechselt. Beim Wiedereinsetzen des Cylinders C beachtet man die entgegengesetzte Ordnung.

[2]) Diese gleichbleibende Tiefe wird an der durch Glas und Wasser deutlich sichtbaren Centimeterskala (Fig. 4) in jeder Lage angegeben, da diese Skala durch das Gewicht G stets vertikal gestellt wird.

2. Zum Nachweise des Archimedischen Prinzips.

Der Satz, dass ein schwimmender Körper so viel Flüssigkeit verdrängt als er selbst wiegt, wird nach Frick mittelst eines cylindrischen Gefässes mit seitlicher Ausflussröhre nachgewiesen. (Frick, *Physikal. Technik*, *Fig. 170*). Obwohl mir ein solcher Apparat nicht zur Verfügung steht und ich auch keine Versuchsdaten besitze, glaubte ich annehmen zu dürfen, dass der seitliche Ausfluss die Genauigkeit der Resultate beeinträchtigen muss, da neben anderem auch die in der Ausflussröhre haften bleibenden Tropfen die Menge des austretenden Wassers bei jedem Versuche zufallsweise verändern dürften. In dieser Annahme wurde ich durch die Bemerkungen Weinholds (*Physik. Demonstrationen S. 118*) bestärkt, welcher den Gebrauch einer nicht zu empfindlichen Wage oder eines graduierten Cylinders empfiehlt, durch welchen die Abweichung, d. h. die Ungenauigkeit leichter verdeckt werden kann.

Im Nachstehenden erlaube ich mir nun, eine etwas abweichende Anordnung des Versuches darzustellen, welche, wie die nachfolgenden Versuchstabellen zeigen, sehr genaue Resultate liefert und den Vorteil besitzt, dass kein besonders construiertes Gefäss benötigt wird, sondern ein beliebiges prismatisches oder cylindrisches Gefäss (Elementen-Glas) benutzt werden kann. Neben diesem Gefässe braucht man noch einen Saugheber (H, in Fig. 1) und eine Vorrichtung K, durch welche dieser an dem Rande des Gefässes festgehalten wird. Am besten empfiehlt sich hierzu eine nach Fig. 2 hergestellte Klemme aus Messingblech, doch kann auch ein entsprechend eingefeilter und durchbohrter Kork hierfür verwendet werden. Jedenfalls aber muss darauf gesehen werden, dass der Heber H festsitzt. Das Gefäss G wird mit Wasser gefüllt. Nebenan steht eine Wage, auf welcher ein Becherglas B austariert wird. Ausserdem hat man den gut abgetrockneten Schwimmer S zur Hand. Nachdem das Gefäss G mit Wasser gefüllt worden, saugt man den Heber H an und fängt das ausfliessende Wasser in irgend einer Schale auf. Sobald der Wasserspiegel in G das Niveau ab der Hebermündung erreicht hat, hört der Heber zu fliessen auf. (Es fallen noch einzelne Tropfen, bis sich endlich ein Tropfen gewissermassen in sich zurückzieht, womit das Fliessen beendet ist.) Nun nimmt man von der nebenstehenden Wage das Becherglass B und stellt es unter die Hebermündung. Sodann wird der Schwimmer S in das Gefäss G gebracht. Durch den eintauchenden Schwimmer wird der Wasserspiegel in G gehoben; der Heber beginnt wieder zu fliessen und fliesst so lange, bis der Wasserspiegel in G wieder das Niveau ab erreicht; es fliesst also so viel Wasser in das Becherglas, als durch den Schwimmer S gehoben oder verdrängt wurde. Nachdem wie oben das Fliessen des Hebers beendet ist, bringt man das Becherglas wieder auf die eine Schale der Wage, während man auf die andere den zuvor sorgfältig abgetrockneten Schwimmer legt. Das an der Wage eintretende Gleichgewicht zeigt, dass der Schwimmer eben so viel wiegt, wie das bei seinem Schwimmen von ihm verdrängte Wasser.

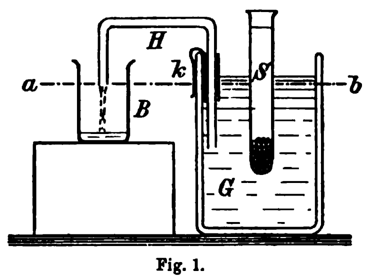


Fig. 1.

Fig. 2.

In den folgenden Tabellen, welche einen Maassstab für die Genauigkeit der Versuche bieten, bedeutet F die Wasseroberfläche in G, δ die lichte Weite der Hebermündung und P das Gewicht des Schwimmers[3]). Die mit + und − bezeichneten Zahlen geben an, um wieviel Gramm das im Becherglase aufgefangene Wasser schwerer oder leichter war als der Schwimmer.

---

[3]) Als Schwimmer wurden ein Probiergläschen und ein Glaskolben, beide mit Schrot beschwert und oben geschlossen, von 60 g und 350 g Gewicht, benutzt.

I. $F = 70$ cm², $P = 60$ g		II. $F = 143$ cm², $P = 60$ g		III. $F = 143$ cm², $P = 350$ g	
a) $\delta = 7$ mm	b) $\delta = 5{\cdot}5$ mm	a) $\delta = 7$ mm	b) $\delta = 5{\cdot}5$ mm	a) $\delta = 7$ mm	b) $\delta = 5{\cdot}5$ mm
— 0·05 g	+ 0,05	— 1,53	0,00	— 1,40	+ 0,02
— 0·22	+ 0,25	+ 0,40	+ 0,25	— 1,10	+ 0,65
— 0·29	0,00	— 0,07	+ 0,07	+ 0,70	+ 0,11
— 0·10	+ 0,30	— 0,20	— 0,11	— 0,85	+ 0,20
+ 0·10	+ 0,01	+ 0,18	+ 0,02	— 1,00	+ 0,28
— 0·19	+ 0,16	+ 0,24	+ 0,07	— 0,17	+ 0,18
+ 0·25	— 0,08	— 0,64	— 0,20	— 1,00	+ 0,16
— 0·10	+ 0,29	+ 0,31	+ 0,03	— 0,21	+ 0,05
— 0·16	+ 0,17	+ 0,47	— 0,06	+ 0,45	— 0,10
— 0·12	+ 0,08	+ 0,41	+ 0,04	— 1,25	— 0,12
0,158	0,139	0,445	0,085	0,813	0,187
0,263 %	0,232 %	0,742 %	0,142 %	0,232 %	0,053 %

Die beiden letzten Horizontalreihen enthalten die Mittelwerte aus den absoluten Grössen der Fehler und den Prozentwert derselben in Bezug auf das Gewicht des Schwimmers. Würde man statt der absoluten Werte der Fehler deren algebraische Werte in Rechnung bringen, so würden die mittleren Fehler und deren Procentwerte natürlich viel kleiner ausfallen.

Da die engere Röhre stets genauere Resultate lieferte als die weitere, so vermutete ich, dass die Fehlerquelle in der jeweilig verschiedenen Krümmung des an der Hebermündung verbleibenden Abschlusstropfens und der dadurch bedingten verschiedenen Oberflächenspannung zu suchen sei. Falls eine solche Differenz der Oberflächenspannung eintritt, so lässt sich als Maass derselben eine gewisse Druckhöhe Δ annehmen, und es müsste dann der resultierende Fehler $F \cdot \Delta$ Gramm betragen[4]), wenn Δ in cm angegeben ist. Wenn also wirklich in der wechselnden Krümmung des Abschlusstropfens die Ursache der Fehler zu suchen wäre, so müssten diese Fehler unter sonst gleichen Verhältnissen mit der Fläche F des grossen Gefässes G wachsen, was durch einen Vergleich der bezüglichen Versuchsreihen nicht bestätigt wird. Der Vergleich zwischen II_b und I_b ergiebt sogar bei doppelt so grosser Fläche geringere Fehler.

Ich habe noch weitere Versuche angestellt und durch Stecknadelspitzen, welche ich in der durch Fig. 3 angegebenen Form in die Hebermündung einkittete, die Gestaltung des Abflusstropfens zu beeinflussen gesucht. Ich erhielt dabei unter Anwendung des Heberrohres von 5·5 mm lichter Weite und des Schwimmers von 60 g Gewicht im weiteren Gefässe ($F = 143$ cm²) in je 5 Versuchen folgende Fehler:

α β γ

Fig. 3.

α) + 0,13, — 0,04, + 0,51, + 0,02, + 0,15 g
β) + 0,05, — 0,25, — 0,10, — 0,10, — 0,08 g
γ) + 0,35, — 0,16, — 0,02, — 0,06, + 0,05 g.

Auch aus diesen Resultaten scheint mir hervorzugehen, dass nicht in dem Abschlusstropfen, sondern in anderen Zufälligkeiten: Erschütterungen, Schwankungen des Schwimmers, Benetzung der Gefässwand u. dgl. die Ursachen der Fehler gelegen sind, und dass sich dieselben daher nie ganz ausscheiden lassen werden.

Dass die angegebene Versuchsanordnung auch für kleinere Abflussmengen genügend

[4]) Genauer wäre für F.. $F - f$ zu setzen, worin f die Querschnittsfläche des Schwimmers bedeutet.

genaue Resultate liefert, ergiebt sich aus folgenden Versuchen: Beim Eintauchen eines Aräometers von 17·55 g Gewicht ergaben sich in zehn Versuchen folgende Fehler: + 0,30, − 0,18, + 0,18, + 0,28, + 0,18, + 0,04, + 0,19, − 0,20, + 0,50, + 0,28 g. Beim vollständigen Eintauchen eines Körpers von 29,05 cm^3 Volumen zeigten sich in fünf Versuchen die Fehler: + 0,11, + 0,06, + 0,10, − 0,54, − 0,34 g, indem das ausgeflossene Wasser 29·05 g, vermehrt um den jeweiligen Fehler, wog. Da der Versuchskörper 45·53 g wog, so ist seine wirkliche Dichte = 1·567, während die Versuche 1·561 .., 1·564, 1·562, 1·597 und 1·586 ergeben. Bei Anwendung grösserer Versuchskörper gestalten sich auch die Resultate solcher Dichtenbestimmung genauer, da aus dem Vergleiche der Tabellen hervorgeht, dass die Fehler bei grösseren Massen einen kleineren Prozentwert besitzen.

Zum Schlusse sei noch erwähnt, dass Herr Max Kohl, Präcisionsmechaniker in Chemnitz, zwei nach Fig. 2 gearbeitete Klemmen (für Gefässe verschiedener Wandstärken berechnet) samt zwei Saughebern aus starkem Glas für 3 M. liefert.

Zur Veranschaulichung der Vorgänge beim elektrischen Strom durch Flüssigkeitsströme.[1])

Von

E. Grimsehl in Cuxhaven.

Die Bedingungen für das Zustandekommen eines elektrischen Stromes sind 1. Potentialdifferenz zweier Körper; 2. eine Leitung, welche den Ausgleich der Potentialdifferenz ermöglicht; 3. eine Leitung, in der sich eine Vorrichtung befindet, welche die Potentialdifferenz der Körper immer wieder von neuem erzeugt. Diese drei Erfordernisse finden sich sowohl beim galvanischen Element, wie bei jeder anderen stromerzeugenden Vorrichtung.

Der in Fig. 1 abgebildete Apparat lässt die einzelnen Teile des Elements besser erkennen, als die gebräuchlichen Formen von Elementen. Zwei rechtwinklig gebogene Rohre werden dadurch zu den Gefässen *A* und *B*, dass die horizontalen Enden mittels einer tierischen Membran bei *a* verschlossen werden. In das Gefäss *A* ist ein Kupferblech, in *B* ein Zinkblech gestellt, und beide Gefässe sind mit verdünnter Schwefelsäure oder Chromsäure angefüllt. Werden nun die beiden Gefässe mit ihren zugebundenen Enden aneinandergestellt, so bilden sie zusammen ein U-förmiges Rohr, das aber bei *a* in zwei Teile geteilt werden kann, ohne dass die Flüssigkeit herausläuft. Die beiden Metallplatten zeigen eine durch das Elektrometer nachweisbare Potentialdifferenz. An die Metallplatten sind zwei Kupferdrähte gelötet, die bei *b* miteinander in Berührung gebracht werden können. Stellt man die Berührung bei *b* her, unterbricht sie aber bei *a*, so gleichen die Potentiale einander aus. Nach dem Versuche zeigt das Elektrometer keinen Anschlag mehr. Durch die Berührung bei *a*, dagegen Trennung bei *b* wird die Potentialdifferenz wieder hergestellt. Ein kurzer Stromstoss findet stets nach einseitiger Berührung bei *a* oder bei *b* statt. Ein in dem Rohre *C* stattfindender Strom von *B* nach *A* erzeugt eine Potentialdifferenz, die in dem Drahte *D* wieder vernichtet wird. Die Vorrichtung zerfällt in zwei verschieden wirkende Teile: in den die Potentialdifferenz erzeugenden Teil *BCA* und in den die Potentialdifferenz vernichtenden Teil *ADB*. Der erste Teil wird gewöhnlich die innere Leitung, der zweite die äussere

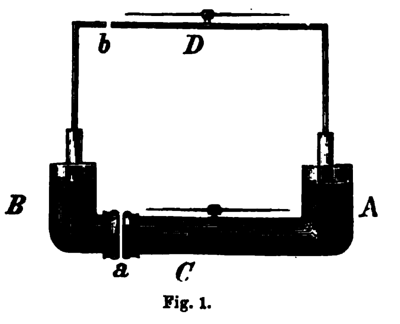


Fig. 1.

[1]) Auszug aus der Beilage zum Programm der Realschule in Cuxhaven, 1894, vom Verfasser bearbeitet (*vgl. d. Zeitschr. VII 314*).

Leitung genannt. Die bei geöffneter äusserer Leitung erzeugte Potentialdifferenz ist die durch die chemischen Wirkungen in *BCA* erzeugte „elektromotorische Kraft“ oder „Klemmenspannung“.

In der Figur sind auf den Leitungen *C* und *D* noch zwei Magnetnadeln gezeichnet, welche beide einen zwar kleinen aber deutlichen Ausschlag geben, wenn man für die Leitung *C* ein Rohr von mindestens 20 mm Durchmesser und höchstens 100 mm Länge wählt.

Eine Vorrichtung, welche die analogen Verhältnisse bei Flüssigkeitsströmen demonstriert, besteht aus zwei mit einem Tubulus am Boden versehenen Flaschen, die beide zur Hälfte mit Wasser gefüllt sind. Die beiden unteren Tubuli sind mit einander durch einen Gummischlauch verbunden und ebenso die beiden oberen Öffnungen der Flaschen. Stellt man nun eine der Flaschen höher als die andere, so strömt das Wasser durch den Schlauch an den unteren Öffnungen aus der oberen Flasche in die untere und vergrössert den Druck der Luft in der unteren Flasche, während derselbe in der oberen Flasche verringert wird. Da aber die oberen Öffnungen der Flaschen durch einen Schlauch verbunden sind, so wird die Druckdifferenz kurz nach dem Entstehen wieder vernichtet. Versieht man beide Schläuche mit Schlauchklemmen, so kann man, wie bei dem Apparat Fig. 1, die Wirkung der einzelnen Teile getrennt beobachten. Das obere Gefäss entspricht dem Teile *A* des Apparates Fig. 1, das untere dem Teile *B*, die Schlauchverbindung an den unteren Öffnungen ist die innere, Druckdifferenz erzeugende Leitung, entsprechend *C*, die Schlauchverbindung der oberen Öffnungen ist die äussere, Druckdifferenz vernichtende Leitung, entsprechend *D*. Die beiden Schlauchklemmen entsprechen den Unterbrechungsstellen *a* und *b*.

Mittels dieses einfachen Apparates, dem in der Originalabhandlung eine für die Demonstration geeignete Form gegeben ist, welche eine Veränderung der Niveaudifferenz in beiden Gefässen leicht gestattet, und die ferner mit einem Manometer zum Messen der Druckdifferenz versehen ist, werden dann die Beziehungen zwischen Stromstärke, Druck und Leitungseinfluss (dem Ohmschen Gesetze entsprechend) demonstriert. Es wird nachgewiesen, dass die Druckdifferenz, welche durch das Gewicht der Wassersäule hervorgebracht wird, von dem Drucke an einem beliebigen Punkte der äusseren Leitung unabhängig ist, entsprechend der Thatsache, dass auch beim galvanischen Element die Potentialdifferenz an den Polklemmen von der absoluten Grösse des Potentials an einem beliebigen Punkte der Leitung unabhängig ist.

Um den Einfluss der Leitung zu untersuchen, werden in die innere Leitung, also in die Leitung, durch welche das Wasser aus dem oberen Gefässe in das untere strömt, Glasröhren von 0,5 mm Weite und 30 cm Länge eingeschaltet und zwar einmal eine solche Glasröhre, ein ander Mal zwei Röhren, die hintereinander verbunden sind, ein drittes Mal zwei Röhren, die durch Verbindung mittels zweier weiten gabelförmigen Glasröhren parallel eingeschaltet werden können. In Fig 2 sind zwei durch gabelförmige Stücke verbundene Glasröhren abgebildet. Nennt man den Widerstand der inneren Leitung im ersten Falle „Eins“, so wird er im zweiten Falle „Zwei“, im dritten „Ein Halb“ sein.

Beobachtet man nun die Zeit, welche in den drei Fällen vergeht, bis eine bestimmte Wassermenge aus dem oberen Gefässe in das untere geflossen ist, so verhält sich dieselbe, wie $1:2:{}^1/_2$; die in gleichen Zeiten durchflossenen Wassermengen verhalten sich wie $1:{}^1/_2:2$. Daraus ergiebt sich, dass die Stromstärke dem Widerstande umgekehrt proportional ist.

Fig. 2.

In ähnlicher Weise wird die Abhängigkeit der Stromstärke von dem Widerstande in der äusseren Leitung bestimmt, indem man in die Leitung Capillarrohre entweder einzeln oder zu zweien, parallel oder hintereinander einschaltet.

Um die Beziehung zwischen Stromstärke und Druck zu demonstrieren, muss man

zu der Leitung, durch welche das Wasser fliesst, enge Rohre nehmen, da nur für diese die Ausflussgeschwindigkeit proportional der ersten Potenz aus der Niveaudifferenz ist, während bei weiten Rohren die Geschwindigkeit der Quadratwurzel aus der Niveaudifferenz proportional ist. Wenn man nun in mehreren aufeinanderfolgenden Versuchen die eine Flasche höher stellt als die andere, so ergiebt sich die Proportionalität zwischen Stromstärke und Niveaudifferenz durch Beobachtung der in gleichen Zeiten durchgeflossenen Wassermengen.

Durch Zusammenfassen der Resultate der beiden letzten Versuche folgt dann das Ohmsche Gesetz für Flüssigkeiten.

Die Fig. 3 giebt die Abbildung eines Apparates, welcher einer Verbindung von zwei galvanischen Elementen entspricht. Die Flaschen *A* und *B* mit der Leitung *E* entsprechen dem einen, die Flaschen *C* und *D* mit der Leitung *F* dem zweiten Element. *M* ist ein Manometer zum Messen der Druckdifferenz. Durch die an den oberen Öffnungen der Flaschen angebrachten Glasröhren, die mit Hähnen versehen sind, lassen sich die beiden Elemente einzeln oder gemeinsam und zwar hintereinander oder parallel benutzen. In folgender Tabelle sind unter III, IV, V die Hahnstellungen angegeben, durch welche die in der ersten Columne verzeichnete Schaltung bewirkt wird:

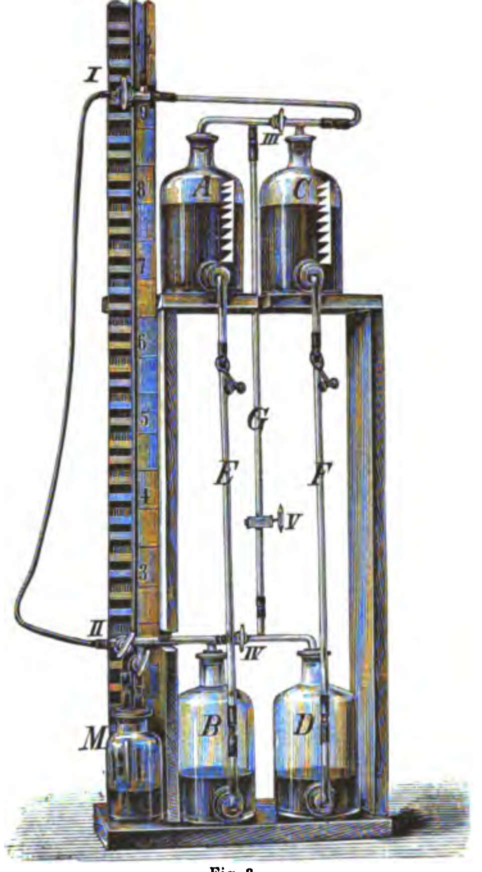


Fig. 3.

	III	IV	V
linkes Element allein	offen	geschlossen	geschlossen
rechtes Element allein	geschlossen	offen	geschlossen
beide Elemente parallel	offen	offen	geschlossen
beide Elemente hintereinander	geschlossen	geschlossen	offen

Mittels dieses Apparates lässt sich zeigen, dass die erzeugte Druckdifferenz bei zwei parallel geschalteten Elementen dieselbe ist, wie bei einem einfachen Elemente, dass dagegen zwei hintereinander geschaltete Elemente eine Druckdifferenz hervorbringen, welche doppelt so gross ist, wie die eines einzelnen Elementes.

Ferner ist der Apparat (dieser sowohl, wie der einfache) geeignet, die Abnahme der Druckdifferenz zu zeigen, wenn man den äusseren Widerstand verringert.

Endlich lässt sich die Frage nach der günstigsten Schaltung zweier Elemente beantworten, wenn der äussere Widerstand sehr gross oder sehr klein ist. Doch muss in Betreff der Ausführung dieser Versuche auf die Originalabhandlung verwiesen werden.

Zum Schlusse werden in der Abhandlung noch die Vorgänge beim Laden und Entladen der Accumulatoren erörtert und mittels der beschriebenen Apparate veranschaulicht.[2])

[2]) Die in der Abhandlung beschriebenen Apparate sind von dem Universitäts-Mechanikus W. Apel in Göttingen hergestellt. Der Preis des einfachen Apparates beträgt Mark 32,—, der Preis des in Fig. 3 abgebildeten Doppelapparates beträgt Mark 48,—.

Physikalische Aufgaben.

5. Unter welchem Winkel muss ein Lichtstrahl auf die Fläche eines Glasprisma ($n = 3/2$) mit dem brechenden Winkel von 60° fallen, damit er an der Austrittsfläche gerade total reflektiert wird?

Auflösung: Bezeichnet man den brechenden Winkel mit v, den Einfallswinkel mit i, den Austrittswinkel mit i' und die dazu gehörigen Brechungswinkel mit γ und δ, so folgt, da $i' = R$ sein soll, $\sin \delta = 2/3$, also $\delta = 41° \, 11' \, 23''$ (Grenzwinkel der totalen Reflexion bei dem Übergange von Glas in Luft); aus $v = \gamma + \delta$ lässt sich dann γ berechnen, und aus $\sin i / \sin \gamma = 3/2$ folgt $i = 27° \, 55' \, 14''$.

6. Wie gross muss der brechende Winkel eines Glasprisma sein, damit ein auf die erste Fläche senkrecht auffallender Lichtstrahl an der zweiten Fläche gerade total reflektiert wird?

Auflösung: Durch ähnliche Überlegungen wie vorhin folgt aus $\sin (v - \delta) = o$ oder einfacher aus $v = \gamma + \delta$ für $\gamma = o$, dass $v = \delta$ d. h. gleich dem Grenzwinkel der totalen Reflexion bei dem Übergange von Glas in Luft sein muss.

[Wie in dieser Zeitschrift *III 77* von Herrn M. Koppe gezeigt, muss $2\delta > v > \delta$ sein, wenn totale Reflexion an der Austrittsfläche möglich sein soll. Ist $v < \delta$, so gehen alle Strahlen, ähnlich wie bei einer planparallelen Platte, durch das Prisma hindurch.]

Dr. G. Leonhardt, Dessau.

7. Ein kurzer Magnetstab ist so aufgestellt, dass seine Axe senkrecht zum magnetischen Meridian steht und ihre Verlängerung die Mitte einer kleinen Deklinationsnadel trifft (I. Hauptlage nach Gauss). Wird dieser Magnetstab unter Beibehaltung seiner Stellung gegen den Meridian im Kreise um die Nadel herumgeführt, so finden sich vier Lagen, in denen er an der Nadel keine Ablenkung bewirkt. Man bestimme unter der Voraussetzung, dass die Längen der Magnete gegen ihren jeweiligen Abstand sehr klein sind, diese Lagen durch Angabe des Winkels, den die Verbindungslinie eines Stab- und eines Nadelpoles mit der Meridianrichtung einschliesst.

Lösung: Soll die Nadel keine Ablenkung erfahren, so muss die Resultierende der Anziehung K und der Abstossung K' (s. Figur) die Richtung des magnetischen Meridianes haben, mit K also den gesuchten Winkel φ einschliessen. Aus einem der Kräftedreiecke I. folgt also:

$$\frac{\sin(\varphi + \varepsilon)}{\sin \varphi} = \frac{K}{K'} = \frac{r'^2}{r^2}$$

oder:

$$\cos \varepsilon + \operatorname{cotg} \varphi \, . \, \sin \varepsilon = r'^2 / r^2.$$

Da l gegen r sehr klein sein soll, so wird ε sehr klein und sehr nahe $\cos \varepsilon = 1$, $\sin \varepsilon = \hat{\varepsilon}$ sein. Dann geht obige Gleichung über in:

$$\hat{\varepsilon} \, . \operatorname{cotg} \varphi = \frac{r'^2 - r^2}{r^2} = \frac{r' + r}{r^2} \, . \, (r' - r)$$

und mit Hilfe der aus $\triangle + m A - m$ folgenden Beziehungen

$$r \hat{\varepsilon} = l \cos \varphi \text{ und } r' - r = l \sin \varphi$$

schliesslich in:

$$\operatorname{cotg}^2 \varphi = \frac{r + r'}{r} \text{ oder } \sin^2 \varphi = \frac{r}{2r + r'}.$$

Indem man schliesslich noch in $r' = r + l \sin \varphi$ das zweite Glied der Voraussetzung gemäss vernachlässigt, ergiebt sich:

$$\sin^2 \varphi = {}^1/_3, \quad \varphi = 35° \, 16'.$$

Die drei anderen Lagen sind durch den gleichen Winkel in den übrigen Quadranten bestimmt. (Vgl. diese Zeitschr. *III 196.*)

E. Maiss, Wien.

8. Aus der Länge des Sekundenpendels, dem Erdradius und dem siderischen Mondmonat die Entfernung des Mondes zu berechnen. (Nach dem Vortrage des Astronomen Wm. Harkness: Über die Grösse des Sonnensystemes, gehalten auf der Versammlung zu Brooklyn am 16. August 1894.)[1])

Auflösung: Es sei T die Umlaufszeit des Mondes, t die Umlaufszeit eines Körpers, der in der Entfernung r (Erdradius) um ein Attraktionscentrum kreist, dessen anziehende Kraft jener der Erde gleichkommt, ferner sei x die Entfernung des Mondes. Dann ist nach dem dritten Keplerschen Gesetze

$$x^3 : r^3 = T^2 : t^2. \qquad (1)$$

Die Beschleunigung aber, welche der oben erwähnte Körper durch die Centripetalkraft erhält, ist $g = 4\pi^2 r/t^2$, mithin $t^2 = 4\pi^2 r/g$, und $t = 2\,\pi\sqrt{r/g}$ (d. h. die Zeit, welche zum Hin- und Hergange eines mathematischen Pendels von der Länge des Erdradius erforderlich wäre). Es ist aber $g/\pi^2 = l$ die Länge des Sekundenpendels. Gleichung (1) wird also $x^3 : r^3 = T^2 : 4r/l$, und

$$x = \sqrt[3]{\frac{l\,r^2\,T^2}{4}}.$$

Aus den Besselschen Werten für den Radius des Äquators und der Länge des Sekundenpendels am Äquator und $T = 2360592''$ findet man $x = 382910$ km (mittlere Entfernung des Mondes 385080 km). *K. Haas, Wien.*

9. Wie lang muss die Teilung einer Senkwage von P Gramm Gewicht, deren cylindrischer Schaft einen Halbmesser von r Centimeter hat, gemacht werden, wenn S_1 das kleinste und S_2 das grösste spezifische Gewicht ist, welches mit der Wage bestimmt werden soll?

Auflösung: Taucht die Senkwage in die leichteste Flüssigkeit H_1 cm und in die schwerste H_2 cm ein, so ist

$$H_1 - H_2 = \frac{P}{\pi r^2}\left(\frac{1}{S_1} - \frac{1}{S_2}\right).$$

10. Wie schwer muss die Senkwage und wie lang ihre Teilung gemacht werden, wenn die spezifischen Gewichte der zu untersuchenden Flüssigkeiten zwischen 0,7 und 2 liegen, die dritte Dezimalstelle noch berücksichtigt werden soll und die Striche der Teilung in der Umgebung von $s = 1$ um 1 mm von einander entfernt sein sollen?

Auflösung: Sinkt die Wage h_1 cm in eine Flüssigkeit vom spez. Gew. s_1 und h_2 cm in eine solche vom spez. Gew. s_2 ein, so ist

$$h_1 - h_2 = \frac{P}{\pi r}\left(\frac{1}{s_1} - \frac{1}{s_2}\right).$$

Für $h_1 - h_2 = 1$ mm, $s_1 = 1$ und $s_2 = 1{,}01$ wird P angenähert $100\,\pi r^2$ Gramm. Für $s_1 = 2$ und $s_2 = 2{,}01$ wird $h_1 - h_2 =$ u. $^1/_4$ mm; d. h. in der Umgebung von $s = 2$ stehen die Striche der Einteilung nur $^1/_4$ mm von einander ab. Für $S_1 = 0{,}7$ und $S_2 = 2$ und $P/\pi r^2 = 100$, ist $H_1 - H_2$ nahezu gleich 93 cm; die Spindel einer so genauen Senkwage wird also sehr lang gemacht werden müssen. Wählt man ferner noch r grösser als 1,2 cm, um den Einfluss der Capillarität möglichst klein zu machen, so beansprucht die Wage einen Raum von etwa 640 cm³. (Vgl. Lohnstein, *Zeitschr. f. Instrumentenkunde XIV 164, 1894.*) *H.*

Kleine Mitteilungen.

Für die Praxis.

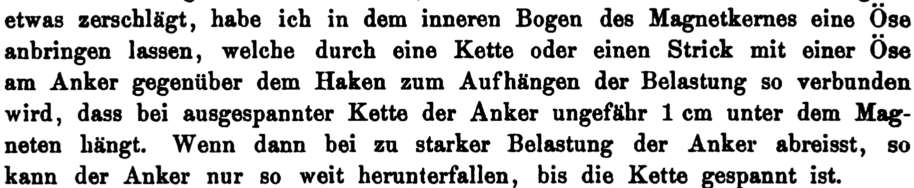
Vereinigung von Ergänzungsfarben. Von E. Grimsehl in Cuxhaven. Vor den Condensor eines Skioptikons wird eine Blechplatte gestellt, welche mit zwei kreisförmigen Ausschnitten neben einander versehen ist, die mit passend z. B. rot und grün gefärbten Glasstücken bedeckt sind. Dann wird mittels des Objektivs auf dem Projektionsschirm

[1]) Im Vortrage ist die Lösung, aber nicht der Weg zu derselben angegeben.

ein scharfes Bild von den Ausschnitten erzeugt. Man hält nun in den Strahlenkegel vor das Objektiv ein Prisma mit kleinem brechenden Winkel und vertikaler brechender Kante, durch welches ein Teil der Lichtstrahlen abgelenkt wird. Dadurch entstehen ausser den schon erzeugten farbigen Flecken auf dem Projektionsschirm noch zwei andere, ebenso gefärbte Flecken. Durch passende Wahl der Ausschnitte in der Blechplatte kann man erreichen, dass der grüne Fleck des ersten Bildpaares mit dem roten des zweiten Bildpaares zusammenfällt. Je nachdem man das ablenkende Prisma mehr oder weniger in den Strahlenkegel bringt, wird das zweite Bildpaar heller oder dunkler als das erste. Es gelingt dann leicht, den Fleck, der von beiden Farben bedeckt ist, farblos zu machen, sodass er rein weiss erscheint.

Bei meiner Vorrichtung waren die Ausschnitte 15 mm von einander entfernt und hatten einen Durchmesser von 10 mm. Als Prisma benutzte ich ein Crownglasprisma von ca. 15° brechendem Winkel.

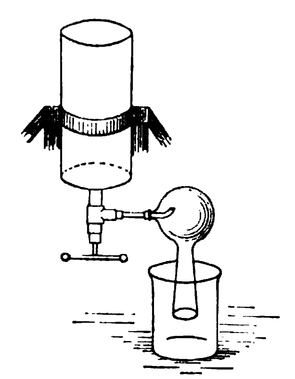
Elektromagnet. Von E. Grimsehl in Cuxhaven. Um bei der Demonstration der Tragkraft eines Elektromagneten zu vermeiden, dass der Anker beim Herunterfallen irgend etwas zerschlägt, habe ich in dem inneren Bogen des Magnetkernes eine Öse anbringen lassen, welche durch eine Kette oder einen Strick mit einer Öse am Anker gegenüber dem Haken zum Aufhängen der Belastung so verbunden wird, dass bei ausgespannter Kette der Anker ungefähr 1 cm unter dem Magneten hängt. Wenn dann bei zu starker Belastung der Anker abreisst, so kann der Anker nur so weit herunterfallen, bis die Kette gespannt ist.



Man kann den Magneten beliebig aufhängen und ist nicht an ein bestimmtes Stativ gebunden, bei dem etwa Consolen den abfallenden Anker auffangen sollen. Ein derartiges Stativ ist immer sehr platzraubend und schwer zu regieren.

Rationelles Lüften. Von K. Fuchs in Pancsova. Das blosse Öffnen der Fenster macht noch keinen Luftzug. Man stelle die äusseren Fensterflügel (wo solche vorhanden sind) nach beistehendem Schema:

Die geringste Strömung der äusseren Luft giebt dann schon einen kräftigen Luftwechsel im Zimmer. Man braucht bei Anwendung dieser Methode nur für die Fensterhaken im Fensterstock neue Löcher anzubringen.



Darstellung fester Kohlensäure. Von O. Hergt in Bremen. Die Darstellung von fester Kohlensäure lässt sich experimentell besser als mit Hilfe des bisher beliebten Tuchbeutels dadurch ausführen, dass man die flüssige Säure in der aus nebenstehender Figur ersichtlichen Weise in eine tubulierte Vorlage ausfliessen lässt. Wenn man den Zufluss richtig reguliert, so dass er nicht zu stürmisch erfolgt, so sammeln sich in dem untergestellten Becherglase reichliche Mengen von Kohlensäureschnee an.

Schülerversuch aus der Akustik. Von S. Kraus in Wien. Füllt man eine Blechschale z. B. die tiefere Schale einer Wage mit Wasser, stellt dieselbe auf ein leeres Trinkglas und stellt in die Mitte der Schale 1 kg-Gewicht, mit welchem man die Schale fest auf das Trinkglas drückt, während man mit der rechten Hand den Rand der Schale mit einem Bogen streicht, so entsteht ein tieferer Ton. Es bilden sich Wellen und es erhebt sich ein Sprühregen, der selbst aus der Entfernung sichtbar ist. Mit dieser Vorrichtung kann man auch die Erscheinung der Beruhigung der Wellen durch Öl zeigen. Der Versuch ist nämlich undurchführbar, wenn man auf das Wasser eine dünne Ölschicht giesst.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Einige neuere Gasentwicklungs-Apparate. Die viel gebrauchten Kippschen Gasentwicklungs-Apparate haben zwei Übelstände, die sich bisweilen unangenehm bemerkbar machen. Wenn der Tubus der oberen Kugel nicht sehr gut eingeschliffen ist, entweicht bei längerem Stehen das unter Druck befindliche Gas, die Säure fliesst nach, und der Apparat nutzt sich ab, ohne gebraucht zu werden. Ferner kann beim Erzeugen eines gleichmässigen Gasstromes die verbrauchte Säure sich nur schwer durch frische ersetzen, da diese letztere als specifisch leichtere sich zum grossen Teil in der oberen Kugel befindet, und die Diffusion durch das Verbindungsrohr nur langsam vor sich gehen kann. Die im folgenden beschriebenen Apparate wollen diese Übelstände vermeiden, ohne im übrigen den Kippschen Apparaten an Brauchbarkeit nachzustehen.

In der *Chemiker-Zeitung XVII 1599, 1893* beschreibt O. Hergt einen neuen Schwefelwasserstoff-Apparat. Wie die Fig. 1 zeigt, befindet sich die Säure in einer Woulfschen Flasche *W*, in deren einen Tubus (zweckmässig ein mittlerer Tubus, nicht wie in der Figur, ein seitlicher) ein Kugeltrichter *E* mit einem Gummistopfen eingesetzt ist; in diesen Kugeltrichter füllt man das Schwefeleisen. Ein anderer Tubus trägt das Gummigebläse *B*, mittels dessen man die Säure von *W* nach *E* drücken kann; das Gebläse kann durch einen Quetschhahn *Q* abgeschlossen werden, wenn der Apparat im Gang ist. Der Apparat hat den Vorzug, dass man ihn leicht selbst zusammenstellen kann; im übrigen wird er wohl den Kippschen Apparaten kaum vorzuziehen sein, da die Regulierung des Gasstromes, die mit den Hähnen *H* und *Q* ausgeführt werden soll, wenn sie überhaupt zu erreichen ist, jedenfalls nur sehr schwierig bewerkstelligt werden kann.

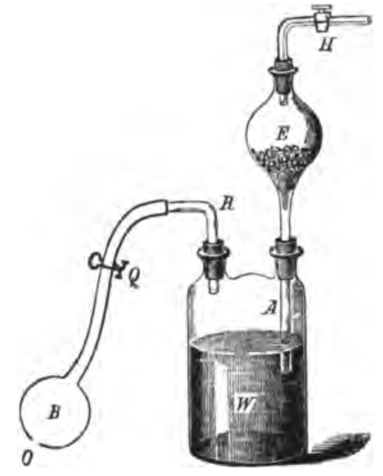


Fig. 1.

Einen Apparat, der dem eben beschriebenen sehr ähnlich ist, giebt Prof. Fr. Brandstätter in der Österreichischen *Mittelschule VII 133, 1894* an. Er hat, wie die Fig. 2 zeigt, nur statt des Druckballs ein Steigrohr mit Kugel-Reservoir *c*, nähert sich also wieder der Einrichtung der Kippschen Apparate. Im Vorteil vor diesem letzteren steht hier das Gas im Falle der Nichtbenutzung nicht unter Druck, wenn man nach dem Gebrauch einen Stopfen lüftet. Es lässt sich auch leicht ein constanter Gasstrom erzeugen, und die Ausnutzung der Säure ist eine gleichmässige; die einzige Unbequemlichkeit ist, dass man bei dem Ansetzen Luft hineinblasen muss, ein Nachteil, der in Anbetracht der bequemen Herstellbarkeit und der sonstigen Vorzüge des Apparates nicht sehr ins Gewicht fallen wird.

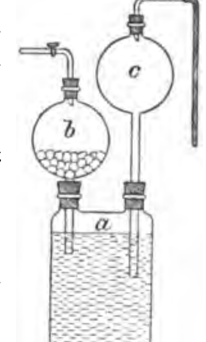


Fig. 2.

Einen dritten Schwefelwasserstoff-Apparat hat W. Gallenkamp construiert. *Zeitschr. f. Instrumentenkunde XIV 58, 1894.* Das Princip dieses Apparates ist wesentlich verschieden von dem der bisher beschriebenen. Aus dem Tropftrichter *S* Fig. 3 tropft auf das im Turm *C* befindliche Schwefeleisen langsam die Säure, welche, beim Durchsickern durch das Schwefeleisen verbraucht, sich in *O* sammelt und durch *H* abfliesst; *M* dient nur zum Anzeigen der Steighöhe. Den Gasstrom bei diesem Apparat zu regeln, wird sehr schwer sein, da derselbe von drei zum Teil unter einander unabhängigen Faktoren bedingt ist, nämlich der Öffnungsweite der Hähne *H*, *h* und des Tropftrichterhahns.

Ein vierter Schwefelwasserstoff-Apparat, für analytische Laboratorien bestimmt,

rührt von Prof. Dr. L. L. den Konninck her. *Zeitschr. f. Instrumentenkunde XIV 57, 1894.* Besser als alle vorher beschriebenen Einrichtungen dürfte der vorliegende Apparat allen Anforderungen entsprechen; nur ist er sehr compliciert und nicht handlich genug, um so mehr, da er in etwas grossen Abmessungen ausgeführt werden muss. Die Säure befindet sich in B und C; letzteres wird beim Nichtgebrauch vom Gestell genommen, so dass in der Flasche A, welche das Schwefeleisen ent-

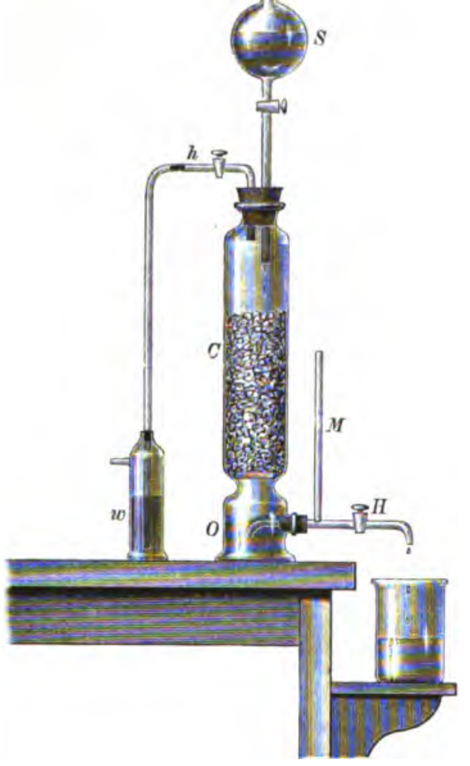


Fig. 3.

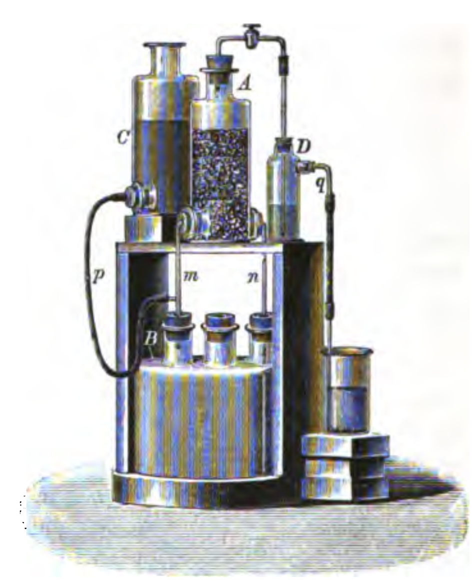


Fig. 4.

hält, das erzeugte Gas sich nicht mehr unter Druck befindet. Die verbrauchte Säure sammelt sich in B, während die frische, specifisch leichtere von C aus durch das Zweigrohr m nach A, von dort, wenn sie verbraucht ist, durch n nach B fliesst. Der Apparat wird sich, in etwas grösseren Abmessungen ausgeführt, für Laboratorien, die viel Schwefelwasserstoff gebrauchen, sehr bewähren, wie es der Verfasser auch in seinem Laboratorium erfahren hat.

Eine weitere Modifikation des Kippschen Apparates von Dr. H. Wolf (*Zeitschr. f. Instrumentenkunde XIV 257, 1894*) bezweckt die bessere Ausnutzung der Säure im Apparate. Sollte es jemandem bei seinem Gasentwicklungsapparat nicht auf Handlichkeit und Bequemlichkeit, sondern nur darauf ankommen, an der billigen Salzsäure und Schwefelsäure zu sparen, so wäre dieser Apparat zur Beachtung zu empfehlen.

Ferner ist ein neuer Gasentwicklungsapparat von C. Mitus erdacht worden (*Zeitschr. f. Instrumentenkunde XIV 296, 1894*), bei dem es als besonderer Vorzug gerühmt wird, dass er ein Wasch- und ein Trockengefäss enthält. Im Prinzip lehnt sich derselbe an den von W. Gallenkamp und oben beschriebenen Apparat an und besitzt daher auch dessen Nachteile; durch Hinzufügung der beiden Waschflaschen wird der Apparat indessen so compliciert und unhandlich (er besitzt allein fünf Glashähne), dass man angesichts desselben es vorziehen wird, einen Kippschen Apparat mit einer Waschflasche zu verbinden, wenn man, was selten vorkommt, ganz reines Gas gebraucht. *Rr.*

---

2. Forschungen und Ergebnisse.

Neue Untersuchungen über elektrische Wellen. Die schon von Hertz aufgefundenen Analogieen zwischen elektrischen und Lichtwellen, ihre Interferenz, Brechung und Polarisation, sind durch einige neuere Arbeiten bedeutend erweitert worden, in denen ge-

zeigt worden ist, dass sich die Übereinstimmung beider Strahlungen auch auf die Erscheinungen der Absorption und Dispersion, der Interferenz in dünnen Blättchen, der elliptischen Polarisation und Doppelbrechung erstrecken.

Nach der Helmholtzschen Theorie ist die Absorption und Dispersion des Lichtes auf eine Einwirkung der Körpermoleküle auf die Ätherwellen zurückzuführen, die als eine Resonanz aufgefasst werden muss. A. Garbasso und E. Aschkinass suchten dementsprechend durch Verwendung von Platten und Prismen, welche aus Reihen von elektrischen Resonatoren gebildet wurden, die Absorption und Dispersion der elektrischen Wellen nachzuweisen.

In einer früheren Arbeit (*Journal de physique sér. 3, t. 2, p. 259; 1893*) hatte Garbasso einem in der Brennlinie eines Parabelspiegels aufgestellten Hertzschen Erreger einen passenden rechteckigen Resonator gegenübergestellt, an dessen Unterbrechungsstelle ein Funkenstrom überging. Zwischen den Erreger und diesen Resonator wurde ein Gestell eingeschoben, an welchem neun Resonatoren in drei Parallelreihen angebracht waren. Wurden die Funkenstrecken dieser Resonatoren so gross gemacht, dass kein Funke in ihnen überspringen konnte, so hatten sie keinen Einfluss auf den hinter ihnen stehenden Resonator; sobald jedoch das Funkenspiel an den Resonatorenreihen einsetzte, trat eine vollkommene Absorption der vom Erreger ausgesandten elektrischen Wellen ein, so dass die Funken in dem hinter dem Gestell befindlichen Resonator erloschen. Die auf dem Gestell befestigten Resonatoren absorbierten jedoch nur Wellen von der ihnen entsprechenden Wellenlänge, während andere Wellenlängen ungehindert hindurchgingen und durch kleinere oder grössere Resonatoren nachgewiesen werden konnten. In derselben Weise, wie diese Resonatorenreihen wirkten auch die Drähte eines Gitters; sie absorbierten die ihnen entsprechenden Wellenlängen, während die übrigen hindurchgehen konnten.

Dieselbe Eigenschaft der Resonatoren haben nun Garbasso und Aschkinass (*Wied. Ann. 53, 534; 1894*) benutzt, um die Erscheinung der elektrischen Dispersion darzustellen. Zur Herstellung der Wellen verwendeten sie den Righischen Apparat (d. Zeitschr. *VII 32*), welcher Wellen von 7,5 cm Länge lieferte. Der im Brennpunkt eines sphärischen Hohlspiegels aufgestellte Erreger wurde von vier kleinen Kugeln gebildet. Von den drei Funken, welche bei jeder Entladung zwischen diesen Kugeln übersprangen, gingen die beiden äusseren durch Luft, der mittlere eigentliche Erregerfunke durch Paraffinöl. Der aus einem versilberten Spiegelglasstreifen bestehende Resonator, dessen Versilberung zur Herstellung einer Funkenstrecke in der Mitte durch einen feinen Diamantstrich getrennt war, wurde in der Brennlinie eines Parabelspiegels aus Kartonpapier befestigt, auf welchen zahlreiche Stanniolstreifen, deren Dimensionen mit denen des Resonators übereinstimmten, parallel der Brennlinie aufgeklebt waren. Ebensolche Stanniolstreifen wurden auf Glasplatten aufgeklebt, welche so auf einander gelegt werden konnten, dass ein gleichseitiges Prisma gebildet wurde. Dasselbe wurde vor die Öffnung eines zwischen Erreger und Resonator aufgestellten Zinkblechschirmes gestellt, so dass die vom Erreger ausgehenden Strahlen unter einem Winkel von 40° auf das Prisma fielen. Der auf einem Teilkreis laufende Resonatorspiegel wurde nach beiden Seiten so weit verschoben, bis der Funkenstrom im Resonator erlosch und hieraus der Ablenkungswinkel bestimmt. Durch Verwendung von Resonatorensystemen von verschiedener Länge ergab sich, dass die Brechbarkeit sowie die Absorption der elektrischen Strahlen mit wachsender Wellenlänge abnimmt, dass also die elektrischen Wellen in dieser Beziehung den Licht- und Wärmewellen entsprechen. Wurde ferner aus den Resonatorentafeln eine planparallele Platte hergestellt, welche gegen die einfallenden Strahlen um 40° geneigt war, und wurden wieder die Grenzen der wirksamen Strahlung aufgesucht, so ergab sich eine gute Übereinstimmung zwischen den beobachteten und der berechneten Parallelverschiebung der austretenden Strahlen.

Während in diesen Versuchen mit Hilfe von Resonatoren künstliche Moleküle hergestellt wurden, mit deren Hilfe sich die Erscheinungen der Absorption und Dispersion

hervorrufen liessen, hat Drude (*Wied. Ann. 54, 352; 1895*) eine Methode angegeben, nach welcher die von den Körpermolekülen selbst verursachte Dispersion der elektrischen Wellen für die verschiedenen Stoffe gemessen werden kann. Zur Herstellung der Wellen benutzte Drude den Blondlotschen Erreger in Verbindung mit der Lecherschen Drahtcombination (d. Zeitschr. *IV 146* u. *V 309*). Concentrisch zu dem an zwei diametral gegenüberliegenden Stellen durch eine Funkenstrecke und durch einen kleinen Condensator unterbrochenen kreisförmigen Primärleiter ist der Sekundärkreis angeordnet, der in zwei 15 m lange Paralleldrähte von 10 cm Abstand ausläuft. Die Enden dieser Paralleldrähte wurden an einen Kohlrauschschen Luftcondensator angelegt, dessen Plattenabstand genau gemessen wurde. In der Nähe des Condensators lag eine Zehndersche Vacuumröhre (d. Zeitschr. *VII 32*), deren einander sehr nahe gegenüberstehende Glimmelektroden mit den Paralleldrähten verbunden waren. Längs dieser Doppelleitung wurde eine Kupferdrahtbrücke verschoben, bis das lebhafte Leuchten der Vacuumröhre anzeigte, dass zwischen den zu beiden Seiten der Brücke liegenden Teilen des Sekundärleiters Resonanz stattfand. Es wurden zunächst unter Anwendung des Luftcondensators zwei verschiedene Brückenlagen aufgesucht, für welche Resonanz stattfand, welche also zwei verschiedenen Schwingungsdauern entsprechen, und die beiden Entfernungen der Brücke vom Condensator gemessen. Sodann wurde der Luftcondensator durch einen Condensator ersetzt, zwischen dessen Platten sich der Körper befand, dessen elektrische Dispersion bestimmt werden sollte und für dieselben beiden Brückenlagen die zum Eintreten der Resonanz erforderlichen Abstände der Condensatorplatten gemessen. Da die Kapazität des Condensators für beide Brückenlagen die gleiche sein muss wie die Kapazität des Luftcondensators, so liefert der gefundene Unterschied des Plattenabstandes das Verhältnis der Dielektricitätsconstanten, d. h. auch der Brechungsexponenten für die den beiden Brückenlagen entsprechenden Schwingungsdauern. Da aber die Schwingungsdauer nach einer von Kirchhoff angegebenen Formel aus Durchmesser, Abstand und Länge der Paralleldrähte und aus den Dimensionen des Luftcondensators berechnet werden kann, so lässt sich nach dieser Methode die Abhängigkeit der Dielektricitätsconstante von der Schwingungsdauer der elektrischen Wellen bestimmen.

Vorläufige bei Schwingungsdauern von $5 \,.\, 10^{-8}$ sec und $7 \,.\, 10^{-8}$ sec angestellte Versuche ergaben für Alkohol eine normale Dispersion der elektrischen Wellen, welche den doppelten Betrag der optischen Dispersion erreicht; für Wasser ergab sich eine anomale Dispersion, während eine Ebonitplatte für das gewählte Schwingungsintervall überhaupt keine Dispersion aufwies.

Eine der Interferenz des Lichtes in dünnen Blättchen analoge Erscheinung wurde von Barton (*Wied. Ann. 53, 513; 1894*) untersucht. Mit Hilfe der von Hertz angegebenen Anordnung wurden längs zweier 140 m weit sich erstreckenden Paralleldrähte elektrische Wellen von 8 m Länge erzeugt. 2 m von dem durch eine Brücke geschlossenen Ende der Leitung entfernt war ein Bjerknessches Elektrometer angebracht, welches aus einem mittels Quarzfaden zwischen zwei mit den Paralleldrähten verbundenen Condensatorplatten aufgehängten Aluminiumflügel bestand. Wird etwa in der Mitte dieser Leitung durch Überhängen von Stannioltafeln die Kapazität der Paralleldrähte über eine bestimmte Strecke hin geändert, so müssen am Anfang und Ende dieser anomalen Strecke Reflexionen der elektrischen Wellen stattfinden, welche bewirken, dass genau wie beim Durchgang des Lichtes durch ein dünnes Blättchen die durch den anomalen Teil hindurchgegangenen Wellensysteme gegen einander eine Phasenverschiebung erleiden, deren Grösse mit der Länge der anomalen Strecke wächst. In der That zeigte der Elektrometerausschlag die Interferenz dieser Wellensysteme an; er änderte sich mit der Länge des anomalen Teiles, erreichte ein Minimum, wenn dieselbe ein ungerades Vielfaches, ein Maximum, wenn sie ein gerades Vielfaches einer viertel Wellenlänge betrug.

Nach Zehnder (*Wied. Ann. 53, 505; 1894*) kann man elliptisch oder cirkular polarisierte elektrische Strahlen erzeugen, wenn man dem Erreger gegenüber zwei

Drahtgitter hintereinander so aufstellt, dass die Drähte beider Gitter einander senkrecht kreuzen und etwa um 45° gegen die Primärschwingung geneigt sind. Durch das erste Gitter wird der vom Erreger ausgehende Strahl in zwei Componenten zerlegt, von denen die in der Drahtrichtung polarisierte reflektiert, die senkrecht zur Drahtrichtung polarisierte hindurchgelassen wird, so dass sie auf das zweite Gitter fällt und von diesem reflektiert und durch das erste Gitter hindurch wieder zurückgesandt wird. Es werden also von diesem Doppelgitter zwei senkrecht zu einander polarisierte elektrische Strahlen reflektiert, welchen man durch Veränderung des Abstandes zwischen beiden Gittern jede beliebige Phasendifferenz erteilen kann. Durch Änderung des Winkels zwischen der Richtung der Drähte und der Primärschwingung kann man auch das Amplitudenverhältnis der beiden Strahlencomponenten variieren und nach Belieben elliptisch, cirkular oder geradlinig polarisierte elektrische Strahlen erzeugen. Die elliptisch und cirkular polarisierten Strahlen lassen sich mit Hilfe eines in der Wellenebene liegenden gewöhnlichen Resonators dadurch nachweisen, dass derselbe für jede beliebige Lage seiner Funkenstrecke anspricht.

Eine der Doppelbrechung ähnliche Erscheinung tritt nach Mack (*Wied. Ann. 54, 342; 1895*) auf, wenn elektrische Strahlen eine Holzwand durchsetzen. Es beruht dies darauf, dass Strahlen, welche parallel zur Holzfaser polarisiert sind, eine stärkere Absorption im Holz erfahren, als die senkrecht zur Holzfaser polarisierten Strahlen. Wurden zwei Hertzsche Parabelspiegel mit parallelen Brennlinien einander gegenübergestellt und das zwischen ihnen verlaufende Strahlenbündel durch eine mit einer Öffnung versehene Zinkplatte abgeblendet, so liessen sich die Sekundärfunken dadurch auslöschen, dass vor die Öffnung des Schirmes ein tannenes Brett von 30 cm Dicke gestellt wurde, dessen Faserrichtung den Brennlinien der Spiegel parallel lief. Wurde sodann das Brett gedreht, bis die Faserrichtung zu den Brennlinien der Spiegel senkrecht stand, so traten die sekundären Funken wieder auf. Standen die beiden Spiegel mit gekreuzten Brennlinien einander gegenüber, so dass also keine Sekundärfunken übergingen, so traten diese sofort auf, wenn zwischen die Spiegel eine 10 cm dicke Holzplatte geschoben wurde, deren Faserrichtung keiner der beiden Brennlinien parallel lief. War dagegen die Richtung der Holzfasern einer der Brennlinien parallel, oder wurden zwei gleichdicke Platten mit gekreuzten Fasern aufeinandergelegt, so blieben die Sekundärfunken aus. Dasselbe war der Fall, wenn eine senkrecht zur Faserrichtung geschnittene Platte zwischen die Spiegel geschoben wurde. *H. R.*

Das Argon, ein neuer Bestandteil der Atmosphäre. Nachdem Lord Rayleigh im vorigen Jahre (*Proceed. Royal Soc. 55, 340*) auf Grund von Anomalieen im spezif. Gew. des Stickstoffs auf einen bisher übersehenen Bestandteil der Atmosphäre aufmerksam gemacht hatte, wurden von diesem Forscher im Verein mit W. Ramsay die Untersuchungen soweit gefördert, dass am 31. Januar der Royal Society in einer besonderen Sitzung ein eingehender Bericht vorgelegt werden konnte (*Nature, vol. 51, No. 1319, 1895; Journ. f. pr. Ch. 31. Jan. 1895*). Es wurde zunächst durch genaue Versuche festgestellt, dass der aus der Atmosphäre isolierte Stickstoff ein höheres spez. Gew. zeigt, als der aus chemischen Verbindungen wie Stickoxyd, Ammoniak, Ammoniumnitrit u. s. w. abgeschiedene „chemische" Stickstoff. 1 Liter „atmosphärischer" Stickstoff bei 0° und 760 mm wog 1,2521 Gramm, 1 Liter „chemischer" Stickstoff 1,2505 Gramm. Diese geringen Differenzen führten gleichwohl zu der Vermutung, dass dem „atmosphärischen" Stickstoff ein schwererer Bestandteil beigemengt sein müsse. Es gelang, denselben zu isolieren, und seine Entdeckung ist nicht mit Unrecht „ein Triumph der letzten Dezimalstellen" genannt worden. Da der gefundene Stoff in chemischer Hinsicht gänzlich inaktiv ist, erhielt er den Namen *Argon* (von α und εργον abgeleitet). — Um den neuen Stoff vom atmosphärischen Stickstoff zu trennen, wandten die Verfasser hauptsächlich zwei Verfahren an. Erstens wurde atmosphärischer Stickstoff mit reinem Sauerstoff bei Gegenwart von Alkali dem Induktionsfunkenstrome ausgesetzt: es blieb nach Entfernung des überschüssigen

Sauerstoffs ein vom Stickstoff verschiedenes Gas zurück, das etwa 0,9 % des angewandten Stickstoffs betrug. Die Verfasser erinnern daran, dass schon Cavendish bei seinen Versuchen über die Luft auf einen Rest Stickstoff, der sich nicht mit Sauerstoff verbinden liess, hingewiesen hatte, „der aber sicher nicht mehr als $^1/_{120}$ des Ganzen sei" (*Philos. Transact. vol. 75, p. 372, 1785*). Noch zweckmässiger erwies sich ein zweites Verfahren: Es wurde in einem eigens construierten Apparat der „atmosphärische" Stickstoff mit rotglühendem Magnesium zur Vereinigung gebracht, nachdem sich aus besonderen Versuchen ergeben hatte, dass der „chemische", reine Stickstoff vollständig von Magnesium absorbiert wird. Als Rest verblieb auch hier ein von Stickstoff freies Gas. Durch Gegenprobe wurde sodann festgestellt, dass der „chemische" Stickstoff bei ähnlicher Behandlung keinen nennenswerten Rückstand ergab, z. B. wurden 15 l Stickstoff aus Ammoniumnitrit (das bekanntlich beim Erhitzen in N und H_2O zerfällt) gewonnen, dem Magnesiumverfahren unterworfen und gaben nur 3,5 ccm Rückstand. „Atmosphärischer" Stickstoff in gleicher Menge hätte etwa 150 ccm geliefert; es blieb also weniger als $^1/_{40}$ dieser Menge zurück, und dieser kleine Rest rührte zweifellos daher, dass der Stickstoff über Wasser aufgefangen wurde, von dem er etwas Argon aufgenommen hatte.

Nachdem das Mittel gefunden war, Argon völlig rein zu erhalten, wurden in umfangreichen Untersuchungen, zu denen noch Crookes und Olszewski zugezogen wurden, die Eigenschaften des neuen Körpers ermittelt. — Die Dichte des mittels des Sauerstoffverfahrens hergestellten Argons betrug 19,7, beim Magnesiumverfahren 19,90 (auf Wasserstoff = 1 bezogen). — Die Löslichkeit des Argons in Wasser ist etwa $2^1/_2$ mal so gross, wie die des Stickstoffs, und ungefähr gleich der des Sauerstoffs. 100 Teile Wasser lösten 4,05 Vol. des mittels Magnesium gewonnenen Gases. Untersuchungen an der aus Wasser gezogenen Luft ergaben, dass der in „Wasserluft" enthaltene Stickstoff mehr als doppelt so reich an Argon ist, wie der gewöhnliche. — In seinem chemischen Verhalten ist der neue Stoff, wie bereits angedeutet, noch viel passiver als Stickstoff, ja gänzlich indifferent. Alle Versuche führten zu einem negativen Ergebnis, weder mit Cl noch mit O, H, P u. s. w. liess sich eine Vereinigung bewirken; Versuche mit Fluor werden beabsichtigt, auch soll das Verhalten im Bogenlicht untersucht werden.[1]) — Das Spektrum des Argons, das von Crookes untersucht wurde, ist am hellsten leuchtend bei 3 mm Druck (für Stickstoff ist der geeignetste Druck dagegen 75 bis 80 mm) und ist besonders reich an roten Linien, von denen vornehmlich 2 (mit den Wellenlinien 696,56 und 705,64 10^{-6} mm) charakteristisch sind. Wenn der Druck weiter erniedrigt wird, ändert sich das Spektrum eigentümlicherweise von rot in stahlblau und zeigt eine wesentlich verschiedene Anordnung der Linien; es ist indessen nicht leicht, das blaue Spektrum frei vom roten zu erhalten. In der blauen Abteilung zählte Crookes 119 Linien, in der roten 80, zusammen also 199; von diesen scheinen 26 beiden Spektren gemeinsam zu sein. Kein anderes Gas oder Dampf giebt ein Spektrum, das dem des Argons gleicht, und Crookes schliesst seinen Sonderbericht mit den Worten, dass, soweit spektroskopische Beobachtung entscheiden kann, Lord Rayleigh und Prof. Ramsay ein neues Glied, wenn nicht sogar zwei, der Reihe der Elementarkörper zugefügt haben. — Ein auffälliges Resultat ergaben die Untersuchungen über die spezifische Wärme des Argons. Da bekanntlich mit Hilfe der Schallgeschwindigkeit in einem Gase das Verhältnis der spezifischen Wärme bei constantem Druck und constanter Temperatur ermittelt werden kann, so wurden hierauf bezügliche Versuche angestellt, ergaben indessen statt der erwarteten Zahl 1,41 die Zahl 1,65. Es ist dies besonders bemerkenswert, da hierdurch das Argon sich dem Quecksilbergas, welches eine ähnliche Anomalie zeigt, anreiht. Hieraus ergiebt sich weiter, dass das Atomgewicht nicht, wie sonst bei den Elementargasen, gleich dem spez. Gew. 19,9 zu setzen, sondern zu verdoppeln ist, oder mit anderen Worten, das

[1]) Laut telegr. Meldung vom 19. März soll es Berthelot gelungen sein, mittels des Funkens eine harzähnliche Verbindung des A. mit Benzindämpfen herzustellen.

Molekül des Argons ist als einatomig anzusehen. Mit Sicherheit ist danach anzunehmen, dass das Argon überhaupt elementar sei, die Verfasser weisen jedoch auf die Möglichkeit hin, dass das Gas ein Gemenge zweier Elemente sein könne. Für diese Annahme scheinen die Ergebnisse der spektroskopischen Untersuchung zu sprechen, sowie der Umstand, dass für das Argon, sobald man ihm das Atomgewicht 39,8 zugesteht, kein rechter Platz in dem Mendelejeffschen System der Elemente vorhanden ist (es käme sodann in die Nähe des Calciums mit 40). Gegen die Annahme spricht am meisten das nunmehr zu erörternde Verhalten des Argons in niederen Temperaturen. Dasselbe wurde von Olszewski untersucht. Argon liess sich verflüssigen und sogar in einen festen Körper verwandeln. Seine kritische Temperatur liegt bei — 121°, der kritische Druck beträgt 50,6 Atm., der Siedepunkt des flüssigen Argons ist — 187°, die Dichte des flüssigen 1,5. Beim Erniedrigen der Temperatur bis zu — 191° fror das flüssige Argon zu einer krystallinischen eisähnlichen Masse, die bei noch weiterer Erniedrigung undurchsichtig weiss wurde. Der Schmelzpunkt des erstarrten Argons ist — 189,6°. Im ganzen steht also das Argon bei niedrigen Temperaturen dem Sauerstoff am nächsten, nur lässt sich letzterer nicht in den festen Zustand verwandeln. Der besseren Vergleichung halber giebt Olszewski in seinem Sonderbericht auch die bezüglichen Daten der nächststehenden Gase:

Name	Kritische Temperatur	Kritischer Druck	Siedepunkt	Gefrierpunkt	Gefrierdruck	Dichte des Gases	Dichte der Flüssigkeit beim Siedepunkt	Farbe der Flüssigkeit
	unter	Atm.			mm			
Wasserstoff (H_2)	— 220,0	20,0	?	?	?	1,0	?	Farblos
Stickstoff (N_2)	— 146,0	35,0	— 194,4	— 214,0	60	14,0	0,885	„
Kohlenoxyd (CO)	— 139,5	35,5	— 190,0	— 207,0	100	14,0	?	„
Argon (A_1)	— 121,0	50,6	— 187,0	— 189,6	?	19,9	etwa 1,5	„
Sauerstoff (O_2)	— 118,8	50,8	— 182,7	?	?	16,0	1,124	Bläulich
Stickoxyd (NO)	— 93,5	71,2	— 153,6	— 167,0	138	15,0	?	Farblos
Grubengas (CH_4)	— 81,8	54,9	— 164,0	— 185,8	80	8,0	0,415	„

In der Schlussbetrachtung weisen die Verfasser besonders darauf hin, dass es ausser Zweifel stehe, dass das neue Gas wirklich ein Bestandteil der Atmosphäre, ferner dass es nicht zusammengesetzt sei, und E. von Meyer knüpft an den von ihm gegebenen kurzen Bericht (a. a. O. *3. S*) die Bemerkung: „Die merkwürdigen Thatsachen, die Lord Rayleigh und W. Ramsay ermittelt haben, lehren in eindringlicher Weise, dass auch die alltäglichsten Stoffe, deren Untersuchung abgethan schien, noch unbekannte rätselhafte Körper enthalten können, die bisher übersehen wurden.“ *O.*

---

3. Geschichte.

Johann Wilhelm Ritter, der Begründer der wissenschaftlichen Elektrochemie. Ein Bild von dem Wirken und der Bedeutung dieses Forschers entwarf W. Ostwald auf der ersten Jahresversammlung der neugegründeten „Deutschen elektrochemischen Gesellschaft“ (*Elektrotechn. Zeitschr. 1894, 42, 569*). Infolge seiner genialen Anlage und seines rastlosen Eifers entwickelte sich Ritter schon sehr früh aus einem einfachen Pharmaceuten zu einem selbstständigen und originalen Forscher. Zur Zeit, als die Entdeckungen Galvanis in Deutschland bekannt wurden (1792), war Ritter 16 Jahre alt, und schon 1797, im Alter von 21 Jahren, legte er der Naturforschenden Gesellschaft zu Jena eine Abhandlung über den Galvanismus vor, in welcher nicht nur die Voltasche Erklärung des Galvanischen Froschversuches auf Grund eigener Untersuchungen als die einzig haltbare hingestellt wurde, sondern auch die Andeutung einer fundamentalen Entdeckung enthalten war. Letztere ist genauer ausgesprochen in dem Buche vom folgenden Jahre: „Beweis,

dass ein beständiger Galvanismus den Lebensprozess im Tierreich begleite.“ Er deckte hier die Thatsache auf, dass die von Volta aufgestellte elektrische Spannungsreihe der Metalle mit der Reihe ihrer chemischen Verwandtschaft für Sauerstoff zusammenfällt. Hiermit war der Anfang der wissenschaftlichen Elektrochemie gegeben. Die chemische Wirkung des galvanischen Stromes wies er in seinem zweibändigen Werke: „Beiträge zur näheren Kenntnis des Galvanismus“ bereits im Jahre 1799 nach, zu einer Zeit, als nur die einfache Kette bekannt war, die Wissenschaft also über keine grössere elektromotorische Kraft als etwa ein Volt verfügte. In diesem Werke hatte er das Prinzip der Addition, auf dem die Voltasche Säule beruht, eigentlich schon ausgesprochen. Als im folgenden Jahre Volta seine epochemachende Entdeckung mitteilte, wurden die Erscheinungen der Zersetzung des Wassers und der Metallsalze u. a. sehr bald und unabhängig von anderen Forschern von Ritter aufgefunden, und nur dem Umstande, dass Volta seine Entdeckung zuerst dem Präsidenten der Royal Society mitteilte, welcher seinerseits Voltas Brief monatelang bei seinen Bekannten und Freunden circulieren liess, bevor er ihn veröffentlichte, ist es zu schulden, dass sich diese Entdeckungen an die Namen Carlisle und Nicholson, Davy u. A. statt an den Ritters knüpfen. Bald darauf wies er die polare Zersetzung der Elektrolyte durch den Strom der gewöhnlichen Elektrisiermaschine nach. Er zeigte ferner durch Zersetzung von Metallsalzlösungen die Ausscheidung des Silbers an der Kathode und die Oxydation von Messingdrähten an der Anode; gewöhnlich wird bei diesen Versuchen nur der Name Wollaston genannt. In diese Zeit fällt noch eine andere Entdeckung Ritters: der Nachweis unsichtbarer Strahlen ausserhalb des Violetts im Sonnenspektrum, mittels chemischer Veränderung des Chlorsilbers. Von Herzog Ernst II. nach Gotha berufen, durchlebte Ritter hier eine kurze aber glückliche und besonders ergebnisreiche Zeit. Die erste Frucht seiner Arbeiten war die Entdeckung der trockenen Säule, die gewöhnlich Zamboni oder de Luc zugeschrieben wird, deren Mitteilungen aber erst zehn Jahre später gemacht sind. Die Hauptarbeit dieser Zeit bilden aber die Untersuchungen über den Einfluss des elektrischen Stromes auf die verschiedenen Sinnesorgane; freilich leidet die Wiedergabe seiner Versuchsergebnisse unter der stark ausgeprägten naturphilosophischen Neigung Ritters, so dass es schwer ist, ihm durch den Wust von Polaritäten und dynamischen Wirkungen zu folgen. In das Jahr 1803 fällt die Entdeckung, die am engsten mit Ritters Namen verknüpft ist, nämlich die der Ladungssäule, des elektrischen Sammlers oder Accumulators. Bei einer Untersuchung der elektrischen Beziehungen der Legierungen fand er, dass das Quecksilber durch eine ganz kleine Beimengung von Zink die elektromotorische Stellung des Zinks erlangt. Zur selben Zeit beschäftigte er sich mit der Deutung einer vom Chemiker Buchholz zufällig beobachteten Erscheinung, an die Helmholtz später seine theoretischen Untersuchungen anknüpfte und durch die der Weg gezeigt wurde, auf dem gegenwärtig das Problem der Voltaschen Kette im wesentlichen gelöst worden ist. Die Erscheinung betrifft das Verhalten eines Zinnstabes in zwei übereinander geschichteten Zinnchlorürlösungen verschiedener Concentration. Ritter erkannte die elektrische Natur des Vorganges, d. h. der Abscheidung von Zinn in der unteren concentrierten Salzlösung, und sprach dabei das höchst wichtige, noch heute nicht genügend beachtete Prinzip aus, dass ein chemischer Vorgang, um elektrisch wirksam zu sein, in zwei von einander räumlich geschiedene, aber zeitlich aneinander gebundene Prozesse zerlegt werden muss. — 1805 erschien Ritters ausgedehntes Werk „Das elektrische System der Körper“. 1804 war er nach München berufen worden; doch sollte er die besseren äusseren Verhältnisse, in welche er hierdurch gekommen war, nicht lange geniessen. Am 23. Januar 1810 erlag er im Alter von nur 33 Jahren einem Lungenleiden.

O.

4. Unterricht und Methode.

Das humanistische Element im exaktwissenschaftlichen Unterricht. Von Friedrich Pietzker. (Programmabhandlung des K. Gymnasiums zu Nordhausen Ostern 1894, Pr. No. 246). Auf die humanistischen Aufgaben und Ziele des naturwissenschaftlichen Unterrichtes ist in dieser Zeitschrift von Anbeginn nachdrücklich hingewiesen worden. Die vorliegende Abhandlung kann daher als eine Ausführung und Ergänzung der in der Zeitschrift bereits dargelegten Gedanken bezeichnet werden. Sie knüpft an ein Wort Friedrich Paulsens an: Menschliche Dinge teilnehmend verstehen und auf Menschen und menschliche Angelegenheiten wohlwollend förderlich wirken, das sei die eigentliche Aufgabe jedes Menschenlebens. Der Verfasser erörtert die Frage, welche Mittel dem höheren Unterricht zu Gebote stehen, um seine Schüler hierzu fähig zu machen. Er führt aus, dass im sprachlichen Unterricht als solchem kein direkt humanistisches Element liege, und dass auch die litterarische Seite dieses Unterrichts bei allem hohen Wert, den sie unbestrittenermassen besitze, doch mehr auf das receptive teilnehmende Verständnis menschlicher Dinge gerichtet sei, wohingegen eine stärkere Betonung des Sachunterrichtes unmittelbar zu der Fähigkeit werkthätiger Anteilnahme hinzuleiten vermöge. Er streift hierbei auch die Bedeutung der Kunst, die in der heutigen Jugenderziehung noch viel zu wenig berücksichtigt wird.

Im besonderen wird in Bezug auf den Wert der Naturbeschreibung und Erdkunde als humanistischer Bildungsfächer auf G. Lüddeckes Schrift „Der Beobachtungsunterricht in Naturwissenschaft, Erdkunde und Zeichnen“ verwiesen, dagegen dem Unterricht in der Mathematik und Physik eine eingehendere Untersuchung gewidmet. Als ein direkt humanistisches Element dieses Unterrichtes wird die geschichtliche Entwicklung unserer mathematisch-physikalischen Einsicht bezeichnet. Das Überlieferte durch selbstthätiges Nachschaffen zum Resultat eigener Geistesarbeit zu gestalten leitet vornehmlich der mathematische Unterricht, in höherem Masse als der Sprach- und Geschichtsunterricht, an. Und auch der naturwissenschaftliche Unterricht geht zum grösseren Teil nicht anf die Sache an sich, er bezieht sich vielmehr auf die Vorstellungen, die sich die Menschen von dieser Sache zum Behuf ihrer Begreiflichmachung gebildet haben; es kommt hier darauf an, den Schüler die geistigen Processe, durch die die Menscheit zu ihrer gegenwärtigen Erkenntnis gelangt ist, im Anschlusse an die Geistesarbeit grosser Forscher nacherlebend von neuem vollziehen zu lassen. Einen noch grösseren Wert für die humanistische Wirkung der exakten Lehrfächer legt der Verfasser indessen auf die Aufdeckung der Bedeutung, die die Entwicklung der exaktwissenschaftlichen Kenntnisse für unsere gesamte Kulturentwicklung besitzt, obwohl sich der Unterricht selbst unter den günstigsten Bedingungen in dieser Beziehung mit Andeutungen und Hinweisen wird begnügen müssen. Er bezeichnet es als eine der dankbarsten Aufgaben des Unterrichts, auf die gewaltige Wandlung hinzuweisen, die sich in den menschlichen Vorstellungen von Weltzusammenhang und von den astronomisch-kosmischen Vorgängen seit den ältesten Zeiten bis heute vollzogen hat. Daneben misst er auch der geschichtlichen Entwicklung der Elektricitätslehre und der Lehre vom Licht besonderen Wert in derselben Hinsicht bei.

Neben diesen direkten humanistischen Beziehungen steht eine Reihe von indirekten, vor allem die Beziehung zur philosophischen Bildung. Die scharfe Unterscheidung hypothetischer und apodiktischer Elemente (wozu wir die thatsächlichen noch hinzugefügt zu sehen wünschten) bietet eine für das spätere Leben ausserordentlich wertvolle, nirgends in gleich vorteilhafter Weise zu gewinnende geistige Schulung. Ferner sind die Beziehungen zur Kunst namentlich in der Akustik und Optik naheliegend. Die Anwendungen der Naturkräfte in der Technik geben Anlass zu Ausblicken auf die moderne Gesellschafts- und Wirthschaftsordnung. Der Belehrung über das allmähliche Zustandekommen der Herrschaft des Menschen über die Natur wird der Hinweis auf die fortwährende Wandlung des menschlichen Gesellschaftslebens unter dem Einflusse der zunehmenden Bewältigung der Naturkräfte hinzuzufügen sein.

Der Verfasser betont endlich, dass er durch solche humanistischen Excurse das Interesse an der fachtechnischen Seite des Unterrichts nicht geschwächt sondern vielmehr erhöht gefunden hat: „Lehrer und Schüler kehrten zu der technischen Schularbeit zurück, erfrischt und erhoben durch das Bewusstsein, dass die Einzelheiten dieser Arbeit in steter, wenn auch nicht immer zu Tage liegender, so doch zweifelloser Beziehung zu dem wirklichen Leben stehen, dem das natürliche Interesse des gesunden, unverbildeten Geistes doch vor allem zugewandt ist.“

Wir schliessen diesen kurzen Auszug mit dem Wunsche, dass die Ausführungen des Verfassers eine Anregung werden möchten, die humanistischen Elemente im physikalischen Unterricht immer mehr zu betonen. *P.*

Die Behandlung des Potentials beim physikalischen Unterricht. Von A. Schülke. *Zeitschrift für den mathematischen und naturw. Unterricht XXV, 401—18, 1894.* Der Verfasser knüpft an die Auffassung des Potentials an, die in dieser Zeitschrift *I 89* und *III 161* dargelegt und seitdem namentlich von Kolbe, Krumme, Noack, Szymański weiter ausgebildet worden ist. Gegen die Einführung des Potentials als elektrischen Zustandsgrades werden mehrere Bedenken vorgebracht, die wir hier nicht übergehen dürfen. Dass der Ausschlag des Elektroskops nur dann das Potential eines entfernten und mit ihm verbundenen Leiters angiebt, wenn die Kapazität des Elektroskops gegenüber der des Leiters vernachlässigt werden darf, ist bereits a. a. O. *I 95* (Anm.) durch den Hinweis erledigt, dass bei der Temperatur ganz entsprechende Verhältnisse vorliegen, ohne dass dadurch der Wert thermometrischer Messungen endgültig in Frage gestellt wird. Ein zweites Bedenken stützt sich darauf, dass der Ausschlag der Blättchen des Elektroskops nicht vom Potential selber, sondern von der ‚Potentialänderung in der Umgebung‘ abhänge, dass also das Elektroskop nicht mit einem gewöhnlichen, sondern mit einem Differentialthermometer zu vergleichen sei. Allerdings zeigt das Elektroskop die Potentialdifferenz zwischen den Goldblättchen und den festen Wandungen an, die den die Blättchen umgebenden Luftraum begrenzen. Auch dies Bedenken aber ist hinfällig, wenn man, wie in den angeführten Arbeiten geschehen, entweder das Elektroskop soweit entfernt von dem elektrischen Körper aufstellt, dass dessen direkter Einfluss auf das Elektroskop als verschwindend angesehen werden kann, oder wenn man (wie Kolbe) das Gehäuse des Elektroskops zur Erde ableitet. Der Verfasser fügt hinzu, der erwähnte Unterschied mache sich besonders fühlbar, wenn man von der elektrischen Dichte zum Potential übergehe; die Papierfähnchen (*III 163*) seien auch nur Elektroskope, und es dränge sich dem Schüler die Frage auf, warum diese Apparate verschiedene Ausschläge zeigten, je nachdem sie durch einen langen Draht mit dem Körper verbunden oder unmittelbar an ihm befestigt seien. Den Schüler wird die (auch sachlich zutreffende) Überlegung befriedigen, dass die Angaben des Elektroskops im zweiten Falle von der näheren Umgebung abhängig sind, und dass eben deswegen in die Definition des Potentials die Bedingung der entfernten Aufstellung des Elektroskops aufgenommen worden ist. Will man dies nicht gelten lassen, so braucht man nur die Versuche mit den Papierfähnchen zu vermeiden und die Dichtigkeit an verschiedenen Stellen eines Leiters etwa mit einem Probescheibchen zu prüfen. In jedem Fall berechtigt keins der beiden vorgebrachten Bedenken den Verfasser zu der Behauptung, dass „ein Ausgangspunkt, der einerseits vollständig streng und andererseits unmittelbar anschaulich ist, bisher gefehlt habe“.

Seiner eigenen Darstellung will der Verfasser, an den Potentialbegriff in der Mechanik fester Körper anknüpfend, die folgende Definition zu Grunde legen: „Potential ist die Grösse, von welcher die Bewegung der Energie abhängt.“ Er schliesst sich in den Erläuterungen dazu an die (nicht erst von Ostwald, sondern schon von G. Helm und R. Wronsky durchgearbeitete) Thatsache an, dass die Energie auf allen physikalischen Gebieten sich aus zwei Faktoren zusammensetzt, von denen der eine, den Übergang der Energie bestimmend, von Helm als Intensität der Energie bezeichnet worden ist. Er muss sich indessen — und dies erscheint als eine Inconsequenz — bei der prak-

tischen Einführung in den Begriff des Potentials damit begnügen, statt des Überganges der Energie den Übergang von Elektricitätsmengen zu betrachten. Die hierzu angegebenen Versuche sind folgende: „Legt man eine isolierte Metallkugel von 2 cm Durchmesser zuerst an den Knopf einer schwach geladenen Leydener Flasche und dann an ein Elektroskop, so gehen die Blättchen auseinander, und wenn man diesen Versuch wiederholt, so zeigt der wachsende Ausschlag die wachsende Elektricitätsmenge an. Verbindet man zwei Elektroskope (I und II) durch einen Draht und ladet auf dieselbe Weise, so erhält man an beiden den gleichen Ausschlag, woraus ihre gleiche Empfindlichkeit zu erkennen ist, aber die Ausschläge sind nur halb so gross wie vorher. Isoliert man endlich I und verbindet II mit einem (isolierten) Metallcylinder, so bleibt der Ausschlag dieses zweiten geringer, selbst wenn man ihm die drei- oder vierfache Ladung mitteilt. Stellt man nun durch einen Draht mit Handgriff noch eine Verbindung zwischen dem Cylinder und I her, so werden die Ausschläge von I und II gleich; es muss also Elektricität in den Cylinder übergegangen sein. Ladet man jedoch den Cylinder so stark, dass das mit ihm verbundene II denselben Ausschlag zeigt wie das isolierte I, so tritt auch nach der Verbindung keine Änderung ein.“ — Aus diesen Versuchen wird nun gefolgert: „dass bei elektrischen Körpern zwei Grössen gesondert betrachtet werden müssen, 1) die Elektricitätsmenge, die durch die Anzahl der Ladungen der Metallkugel bestimmt wird, und 2) die Grösse, die wir Potential nennen, welche allein Einfluss auf die Strömung der Elektricität hat. Zwei Körper haben also gleiches Potential, wenn ihre Elektricitätsmengen ungeändert bleiben, nachdem man eine Verbindung zwischen ihnen hergestellt hat; wenn jedoch in diesem Falle der eine Elektricität abgiebt und der andere aufnimmt, so schreiben wir dem ersteren das höhere Potential zu und zwar wird unter sonst gleichen Verhältnissen der Potentialunterschied um so grösser sein, je mehr Elektricität überströmt“.

Ich kann nicht finden, dass diese Einführung an Exaktheit oder an Anschaulichkeit die bisher in dieser Zeitschrift befolgte übertrifft. Die Versuche ermangeln der Allgemeinheit, da immer wenigstens einer der Körper, zwischen denen Elektricität übergeht, das Elektroskop selber ist; ihre Bedeutung kann nicht klar erfasst werden, wenn man, wie der Verfasser, den Begriff der Kapazität ganz unerläutert lässt. Und die „Grösse, die wir Potential nennen“, bleibt zunächst unanschaulich; es handelt sich nur um einen Ausgleich zwischen grösserer und kleinerer Elektricitätsmenge, wobei eine Nötigung zur Einführung eines neuen Begriffs nicht vorhanden ist. Als Folgerung wird zwar dann hinzugefügt: „Verbindet man einen beliebigen Leiter durch einen Draht mit dem Elektroskop, so wird so lange Elektricität auf dasselbe strömen, bis die Potentiale in beiden Körpern gleich geworden sind; der Ausschlag der Blättchen liefert uns daher ein anschauliches Maass für das Potential“. Damit wird in die von mir an den Anfang gestellte Definition übergeleitet. Aber es ist damit der Übelstand verknüpft, dass nun das Elektroskop sowohl zur Messung von Elektricitätsmengen als zur Messung von Potentialen benutzt wird, was für den Anfänger verwirrend ist. Ich selbst habe anfangs geschwankt, ob es zweckmässiger sei, mit der von mir gewählten Definition des elektroskopischen Zustandes oder mit der anderen zu beginnen, wonach als Potential der Zustand elektrischer Körper bezeichnet ist, vermöge dessen Elektricität von einem Körper zum anderen übergeht. Erwägungen, wie die vorhin angedeuteten, haben zu gunsten der ersteren Fassung entschieden, während die zweite von mir an späterer Stelle des Lehrgangs als Erweiterung des Begriffes angegeben ist (vgl. *III 165*). Ich gestehe, dass mich die bisher erhobenen Einwendungen nicht von der Unzweckmässigkeit der damaligen Entscheidung haben überzeugen können. —

Der Verfasser geht dann zur Demonstration des elektrischen Feldes und der Potentialflächen über. Er benutzt hier die zwei Elektroskope oder auch zwei an isolierten Handhaben befindliche Metallkugeln von 2 cm Durchmesser, die vorübergehend durch einen Draht verbunden werden. Zur Feststellung der Potentialflächen verwendet er eine

kleine Kugel, die durch einen langen Draht mit dem Elektroskop verbunden ist. Er giebt hierbei die beachtenswerte Vorschrift, den Draht von der Kugel erst nach der Mitte des etwa 30 cm langen Hartgummistabes zu führen, und ihn dort mehrfach herumzuführen, ehe man ihn mit dem Elektroskop verbindet; man kann dann einen blanken Draht gebrauchen, der eine viel geringere Kapazität als ein mit Kautschuk überzogener hat. Danach werden die Influenzerscheinungen aus den Eigenschaften des elektrischen Feldes abgeleitet (vgl. auch Pfaundler, d. Zeitschr. *IV 18*). Auch die elektrische Dichtigkeit wird durch die Potentialflächen erklärt, doch entbehrt die Erklärung der Exaktheit. Wenn eine Probekugel an einer wenig gekrümmten Stelle eines geladenen Körpers eine geringere Ladung annimmt als an einer stark gekrümmten, so soll dieser Unterschied daher rühren, dass die Kugel unmittelbar vor der Berührung im ersten Fall ein höheres Potential besass als im zweiten. Man begreift schlechterdings nicht, was der Zustand der in jedem Fall ungeladenen Kugel vor der Berührung für einen Einfluss ausüben soll, da bei der Berührung nur die Gesamtconfiguration der beiden verbundenen Körper für die elektrische Verteilung maassgebend ist. Es ist theoretisch richtig, dass die Dichtigkeit mit dem Werte dV/dn in der Oberfläche proportional ist. Aber dieser Quotient bezeichnet eine Eigenschaft des Flächenelements selber, nicht einer noch so dünnen ihm angelagerten Schicht; es ist daher unzulässig, den hier ausgesprochenen Zusammenhang durch Heranziehung der dem Körper benachbarten Potentialflächen zu popularisieren, um so mehr, da sich der Wert von dV/dn beim Durchgange durch die elektrich geladene Oberfläche unstetig ändert. Auch wird man, so lange noch im Unterricht und in der wissenschaftlichen Darstellung von Elektricitätsmengen die Rede ist, den Begriff der Dichte nicht durch den ihm nur proportionalen aber nicht äquivalenten Begriff dV/dn ersetzen können.

Der Verfasser schliesst an das Bisherige noch eine kurze Betrachtung der Spitzenwirkung und der vorhin schon berührten Relativität des Elektroskopausschlages an und giebt dann noch eine Darstellung der Potentialänderung bei Bewegungen, die zum Verständnis der Vorgänge bei der Leydener Flasche von Wert ist. Versuche mit zwei Condensatorplatten, deren jede mit einem Elektroskop verbunden ist, führen zu dem allgemeinen Ergebnis: „Wird durch einen elektrischen Körper eine Bewegung hervorgerufen oder unterstützt, so wird das Potential (oder der Potentialunterschied) geringer; wenn jedoch die Bewegung gegen die Richtung der elektrischen Kräfte stattfindet, so wird dadurch das Potential erhöht.“ Vom Kapazitätsbegriff wird hierbei kein Gebrauch gemacht. Den Schluss bilden Auseinandersetzungen über elektrische Energie, die in dem Satze gipfeln, dass überall, wo elektrische Kräfte Bewegung hervorbringen, die Bewegung auf Kosten der elektrischen Energie erfolgt. Das einfachste Beispiel liefert das Glockenspiel oder auch ein isoliertes Kügelchen, das von dem geladenen Körper angezogen und dann abgestossen wird, wobei die Elektricitätsmenge unverändert bleibt, das Potential aber kleiner wird. Betrachtungen dieser Art bilden ohne Frage den zweckmässigen Abschluss der ganzen Lehre vom Potential. —

Ein Vorzug der vorliegenden Arbeit ist, dass quantitative Begriffe nur sparsam benutzt sind. Man muss dem Verfasser darin Recht geben, dass das Verlangen nach genauen Messungen erst dann rege wird und auch nur dann wirkliche Frucht trägt, wenn der Geist durch längeres Arbeiten vollständig mit der Sache vertraut ist. Die Definition der Einheit der Elektricitätsmenge und auch der Begriff der Kapazität werden indessen nicht zu umgehen sein; der letztere drängt sich von selbst auf, wenn die Potentiale von Körpern verschiedener Grösse verglichen werden (d. Zeitschr. *III 165*). Von der Potentialformel m/r sagt der Verfasser wohl nicht unzutreffend, ihre Ableitung sei nicht schwierig, aber, da die Abnahme des Potentials mit der Entfernung unmittelbar anschaulich sei, zwecklos, wenn sie nicht benutzt wird zur Berechnung und Zeichnung von Potentialflächen und zur Lösung anderer Aufgaben, für die es im Gymnasium im allgemeinen an Zeit fehlt. *P.*

5. *Technik und mechanische Praxis.*

Neue Construktion eisenfreier Dynamomaschinen. Prof. F. Pietzker in Nordhausen hat ein Patent genommen auf die Herstellung von zwei auf derselben Axe sitzenden Hefner-Alteneckschen Wickelungen, die durch die Fig. 1 schematisch dargestellt sind. Jede derselben zerfällt in zwei Hälften von entgegengesetzter Stromrichtung, wobei die einander in der Stromrichtung entsprechenden Hälften beider Wickelungen durch die Stärke des Linienzuges kenntlich gemacht sind.

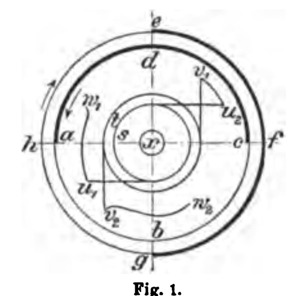


Fig. 1.

Der den ganzen Prozess einleitende Strom tritt bei w_1 ein, in w_2 aus; zwischen denselben Stellen verläuft auch der äussere Stromweg für den in der Maschine selbst erzeugten Strom; s und t sind die beiden Stromsammler mit ihren aus der Figur ersichtlichen Bürsten. Der mechanischen Schwierigkeiten wegen wird nur die innere Wickelung in Rotation versetzt, wie dies klarer aus Fig. 2 ersichtlich ist. Z_1 und Z_2 bedeuten die beiden Wickelungen, die über die Scheiben $T_1 T_1$ und $T_2 T_2$ gespannt sind. Die beiden ersteren sitzen fest auf der Axe xx, während die letzteren durch Hohlcylinder mit anderen Scheiben verbunden sind, die in den festen Lagern RR ruhen. Versteift sind die Scheiben $T_2 T_2$ gegen einander durch Leisten, die in die äussere Wickelung an einigen Stellen eingelegt und durch Schrauben ($\sigma\sigma$) an den verstärkten Rändern jener Scheiben befestigt sind. Auch die inneren Scheiben $T_1 T_1$ können nötigenfalls durch Streben (L) gegen einander versteift werden.

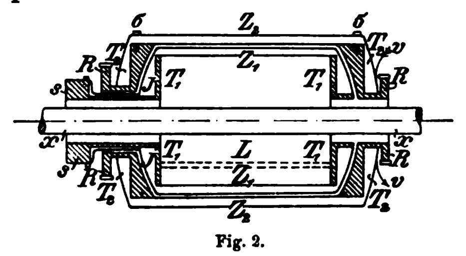


Fig. 2.

Die Spulen der inneren Wickelung sind an den Stellen J unmittelbar in Gemässheit der Hefnerschen Regel mit einander verbunden, von jeder solchen Verbindungsstelle geht ein Draht nach dem entsprechenden Segment des Kollektors s. Jede der beiden Wickelungen besteht aus 24 Spulen, deren Windungen auf zwei Lagen verteilt sind; die Spulen der inneren Wickelung haben je sechs Windungen 0,6 mm dicken Drahtes, die der äusseren je acht von 0,5 mm dicken Draht. Bei 4320 Umdrehungen in der Minute erzeugte das erste angefertigte Modell in der inneren, kurz geschlossenen Wickelung zwar nur einen Strom, der ein Viertel von der Stärke des induzierenden Stromes besass; allein der Erfinder berechnet, dass eine auf den $5^1/_2$fachen Betrag gegenüber dem Modell vergrösserte Maschine, ohne dabei exorbitante Dimensionen anzunehmen, eine stärkere Arbeitsleistung aufweisen als eine mit ihr zu vergleichende Eisenmaschine, ein ganz erheblich geringeres Gewicht haben und von grösserer Einfachheit sein werde.

Im Verlauf seines Vortrages vor dem Elektrotechnischen Verein am 27. November 1894 (*E. T. Z. 1894, Heft 51*) wendet sich Herr Pietzker gegen der Begriff „Permeabilität“, der ihm in der gewöhnlich ihm gegebenen Auslegung unhaltbar zu sein scheint, aber bei seiner Maschine keine Rolle spiele und er schliesst sich an die alte Auffassung an, nach der der Dynamoprozess nur dadurch zustande komme, dass die vom Strom magnetisierten Feldmagnete den Anker magnetisieren, der seinerseits magnetisierend auf die Ankerwickelung wirkt; die Feldmagnete seien also nur Mittel zu dem Zweck, den Anker zu magnetisieren. Das Versuchsmodell geht nicht von selbst an, es muss ihm zur Einleitung des Prozesses auf kurze Zeit Strom zugeführt werden; der Erfinder hofft aber, dass eine in grösserem Maassstabe ausgeführte Maschine auch „angehen“, d. h. sich selbst erregen und so wirklich eine dynamoelektrische Maschine sein werde.

W. Weiler.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Gesammelte Werke von Heinrich Hertz. Band III: Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt. Herausgegeben von Ph. Lenard. Mit einem Vorworte von H. v. Helmholtz. Leipzig, Joh. Ambr. Barth (A. Meiner), 1894. XXIX u. 307 S. M. 9,—, geb. M. 10,15.

Den Lesern dieser Zeitschrift ist durch das im *Jahrg. VIII S. 22* abgedruckte Vorwort von H. v. Helmholtz bereits eine Vorstellung davon gegeben, was sie von diesem Buche zu erwarten haben. Es sei daher hier nur kurz darauf hingewiesen, dass der Verfasser eine am nächsten an Gustav Kirchhoff anschliessende neue Grundlegung der Mechanik darbietet, in der nur Raum, Zeit und Masse als unabhängige Grundbegriffe auftreten. Eine allgemeine Einleitung des Verfassers orientiert in genialster Darstellung über das Verhältnis dieser Mechanik zu der älteren, wie auch zu den neueren Bestrebungen, die Energie an Stelle der Kraft als Grundbegriff in die Mechanik einzuführen. Der Inhalt zerfällt in Buch I: Zur Geometrie und Kinematik der materiellen Systeme, und in Buch II: Mechanik der materiellen Systeme. *P.*

Lehrbuch der Experimentalphysik von Dr. E. v. Lommel, Prof. der Physik an der Universität München. Mit 430 Figuren im Text. Zweite Auflage. Leipzig, Joh. Ambr. Barth (Arthur Meiner), 1895. XI u. 550 S. geh. M. 6,40, geb. M. 7,20.

Die erste Auflage ist in dieser Zeitschr. *VII 39* besprochen; die vorliegende ist davon nur wenig verschieden, namentlich ist im Text die Schulorthographie durchgeführt. *P.*

Vorlesungen über Maxwells Theorie der Elektricität und des Lichtes von Dr. Ludwig Boltzmann, Professor der theoretischen Physik an der Universität München. II. Teil. Verhältnis zur Fernwirkungstheorie; specielle Fälle der Elektrostatik, stationären Strömung und Induktion. Leipzig, Joh. Ambr. Barth (Arthur Meiner), 1894. VIII u. 166 S. M. 5,—.

Der zweite Teil der Vorlesungen verfolgt hauptsächlich den Zweck, den alten Vorstellungen der Fernwirkungslehre ihren Platz in der Maxwellschen Theorie anzuweisen und die ihnen hier zukommende bestimmte Bedeutung scharf abzugrenzen. Auf verhältnismässig geringem Raume wird diese schwierige Arbeit meisterhaft durchgeführt. In allzugrosser Bescheidenheit will Boltzmann nur für einen Ausleger Maxwells gelten; aber Mit- und Nachwelt werden ihm seinen Platz nicht unter den Kärrnern sondern unter den Königen anweisen. Der dieser Anzeige zur Verfügung stehende Raum gestattet leider nicht, den eigenartigen Gang von Boltzmanns Entwicklungen mit ihren vielfach verschlungenen Seitenwegen darzulegen, oder auf Einzelheiten wie z. B. die Ableitung und Verwertung des Begriffs der aphoten Bewegung und die Würdigung der Verfahren und Leistungen von Kirchhoff, Helmholtz und Hertz einzugehen. Jedem Physiker, der vor der Bezeichnungsweise der höheren Analysis keine unüberwindliche Abneigung besitzt, ist dringend zu raten, das Buch zu lesen, nicht einmal sondern mehrmals, und er wird sicher bei der wiederholten Durcharbeitung jenen köstlichen Genuss empfinden, den stets die Vertiefung in ein wahres Kunstwerk bereitet. Boltzmann ist ein fürsorglicher Schriftsteller, der seinen Lesern die Arbeit nach Kräften zu erleichtern sucht. Er ergänzt nicht nur im ersten Anhang des Buches die Litteraturübersicht des ersten Teils, sondern giebt auch noch in dem zweiten Anhang, welcher den wärmsten Dank verdient, auf zwei Tafeln, die man natürlich beim Binden nicht mit einheften lassen darf, eine Zusammenstellung aller numerierten Formeln unter Beifügung der Seitenzahl zur leichteren Auffindung. Sehr zu bedauern ist, dass im zweiten Teil die Marginalien weggelassen worden sind mit der Begründung: „Dazu sind wir Deutschen zu arm". Diese Wegweiser sind nicht bloss ein „Schmuck", sondern erleichtern wesentlich die Durcharbeitung des ersten Teiles. Hoffentlich verwirklicht Boltzmann recht bald in einem dritten Teil sein Ideal, alle besonderen Beispiele so ausführlich wie in der alten Theorie zu behandeln. Die in dem vorliegenden Teile enthaltenen Proben, wie z. B. die Elektricitätsverteilung auf zwei leitenden Kugeln, das Problem des Condensators von endlicher Plattendicke u. s. w., sind so trefflich, dass die verheissene Gabe allerwärts mit Spannung und Ungeduld erwartet werden wird.

Hahn-Machenheimer.

Die Wärme, betrachtet als eine Art der Bewegung von John Tyndall. Autorisierte deutsche Ausgabe bearbeitet von Anna v. Helmholtz und Clara Wiedemann nach der 8. Auflage des Originals. Mit 125 Holzstichen und einer Tafel. Vierte vermehrte Auflage. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1894. XXXIII u. 718 S. M. 12,—.

Die neue Auflage des mit Recht geschätzten Werkes ist um eine Vorlesung vermehrt, die sich ausschliesslich mit Robert Mayer und dessen Würdigung beschäftigt. Tyndall hat

sich bekanntlich seit 1862 um die Anerkennung der Verdienste Mayers bemüht. Er bietet hier eine ausführliche Übersicht des Inhaltes von Mayers Schriften und verweilt besonders bei der Theorie der Sonnenwärme, in der Mayer mit späteren Ergebnissen William Thomsons zusammentrifft. „Ich wollte zeigen, wie weit einem Manne von natürlichem mathematischen Genie, der im Schoosse der mathematischen Fragen gross geworden ist, der überdies die Theorie der Wärme zu seinem frühesten und speziellsten Studium gemacht hatte, ein unbekannter Heilbronner Arzt in diesen grossen hier besprochenen Fragen zuvorkam." ... „Genie lag in Mayers Organisation, und nur wenn wir die Möglichkeit, die ihm zum Arbeiten geboten war, mit seinen Leistungen — seine mangelhafte Ausbildung mit seiner instinktiven und überwältigenden Kraft, die Erscheinungen zu ergreifen — vergleichen, enthüllt sich uns die wahre Grösse seines Genius." Nach der Verunglimpfung, die das Andenken Robert Mayers noch kürzlich durch H. v. Treitschke (im 5. Bande seiner deutschen Geschichte) erfahren hat, ist es wohl angebracht, diese Wertschätzung hervorzuheben, die einem der grössten unter Deutschlands Söhnen von einem Fremden erwiesen worden ist. *P.*

Die Haupt- und Brennpunkte eines Linsen-Systems. Elementare Darstellung der durch Möbius, Gauss und Bessel begründeten Theorie. Von Dr. C. Neumann. Mit Figuren im Text. 2. Auflage. 42 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1893. Preis M. 1,20.

Die vorliegende Schrift enthält eine Zusammenfassung der einschlägigen Arbeiten von Möbius, Gauss, Bessel, Moser und Listing. Die vorausgesetzten mathematischen Kenntnisse gehen über die ebene Trigonometrie nicht hinaus. „Die in Anwendung gebrachten elementaren Methoden sind zur Entwickelung der Theorie nicht nur ausreichend, sie machen auch die Entwickelung Schritt für Schritt der unmittelbaren Anschauung zugänglich." Letzteres ist für C. Neumann die Hauptveranlassung der Veröffentlichung gewesen. Bei der verdienstlichen, sehr empfehlenswerten Arbeit ist es zu verwundern, dass erst nach 27 Jahren die Notwendigkeit einer 2. Auflage hervorgetreten ist. Der Grund liegt vielleicht darin, dass der abgekürzte Titel manchem weniger zu versprechen schien, als die kleine Schrift thatsächlich bietet. Ihr gebührt ein Platz in der Primanerbibliothek. Es werden sich überall einzelne Schüler finden, deren lebendiges Interesse sie bei dem Studium einer Schrift wie der vorliegenden festhält. Sie wird ihnen mit ihrer elementaren Klarheit auch ein Muster in der Form der Darstellung sein. *R. Heyne.*

Lehrbuch der Physik für Gymnasien, Realgymnasien, Oberrealschulen und andere höhere Bildungsanstalten. Von Dr. Jacob Heussi. Sechste Auflage, neu bearbeitet von Dr. A. Leiber, Professor am König Wilhelms-Gymnasium zu Magdeburg. Mit 422 in den Text gedruckten Abbildungen. Braunschweig, O. Salle, 1894. Preis geh. M. 5,—.

Das vorliegende Lehrbuch hat in fünfter Auflage bereits eine Besprechung in dieser Zeitschrift (*IV 266*) gefunden. Was dort über die Verwendbarkeit des Buches gesagt ist, kann für die neue Auflage wiederholt werden: es wird infolge seiner umfassenden und dabei übersichtlichen Darstellung des Lehrstoffes der im Titel genannten Schulen noch weiter „seine Dienste leisten können." Da aber eine Neubearbeitung vorliegt, so müssen wir doch etwas näher an einige Einzelheiten des Werkchens, insbesondere an die Neuerungen herantreten. Soweit es sich um beschreibende Darstellungen von Naturerscheinungen handelt, wie z. B. in den Abschnitten über Meteorologie, über Erdmagnetismus, über sphärische Astronomie ist nichts Wesentliches zu bemängeln. Auch die Beschreibungen von Apparaten sind im ganzen in angemessenem Tone gehalten. Die Erklärungen dagegen sind, abgesehen von ein paar sachlichen Fehlern, in logischer und methodischer Beziehung manchmal mangelhaft. In der Mechanik (im § 33) stossen wir z. B. auf den Satz: „Wenn eine Masse M unter der Wirkung der constanten Kraft K den Weg s durchlaufen hat, so hat sie die Arbeit Ks geleistet, sie hat aber gleichzeitig (?) wenn keine andere Kraft sie in ihrer Bewegung hinderte, die Geschwindigkeit v erlangt". Hiernach soll zunächst eine Masse Arbeit leisten, während im § 31 gelehrt wurde, dass eine Kraft Arbeit leistet. Die Masse soll unter der Wirkung der Kraft K den Weg s durchlaufen und die Arbeit Ks leisten, oder wie wir jetzt sehen: Die Kraft K soll die Arbeit Ks leisten. Das geschieht nach § 31 nur, wenn eine K entgegen gerichtete Kraft $K' = K$ zu überwinden ist; also die Kraft K leistet gegen K' die Arbeit $K's = Ks$. Nun soll aber gleichzeitig keine andere Kraft die Masse M in ihrer Bewegung hindern, damit sie die Geschwindigkeit v erlange. Das geht nicht; K' kann nicht da sein und gleichzeitig nicht da sein. Es muss vielmehr durch die Kraft K einmal K' überwunden, das anderemal die Geschwindigkeit der Masse M von Null bis v gesteigert werden; die im zweiten Falle erzeugte lebendige Kraft ist das Äquivalent für die im ersten Falle gegen K' geleistete Arbeit. Wenn es weiter heisst: „Wir werden nun auch sagen können, wenn eine

Masse M die Geschwindigkeit v erlangt hat, so ist sie imstande eine Arbeit zu leisten," so ist das wieder nicht richtig. Zunächst braucht die Masse die Geschwindigkeit nicht „erlangt" zu haben, und dann folgt aus der Transformierbarkeit der Arbeit noch nicht von selbst die Transformierbarkeit der lebendigen Kraft. Vielmehr lehrt erst die Betrachtung eines neuen Falles, nämlich einer gleichmässig verzögerten Bewegung, dass eine mit der Geschwindigkeit v sich bewegende Masse M, ohne dass eine Kraft K auf sie wirkte, einen Widerstand K' überwinden, d. h. K' entgegen sich verschieben kann, wobei aber eine Abnahme ihrer Geschwindigkeit zu bemerken ist, so dass sie am Ende der Strecke s mit der Geschwindigkeit Null ankommt. Die bewegte Masse kann also unter Einbüssung ihrer lebendigen Kraft gegen K' Arbeit leisten und diese Arbeit ist der verschwundenen lebendigen Kraft äquivalent. — Noch einen Satz dieses Paragraphen haben wir zu beanstanden: „Die Arbeitsfähigkeit eines Körpers folgt entweder aus der Bewegung, bezüglich aus der lebendigen Kraft, die derselbe infolge der Wirkung einer Kraft erlangt hat, oder aus seiner Lage." Um was die erste Hälfte des Satzes zu viel Worte aufweist, wie aus dem eben Gesagten hervorgeht, um das enthält die zweite Hälfte zu wenig. Aus der Lage eines Körpers schlechtweg d. h. aus den geometrischen Beziehungen desselben zu anderen Körpern folgt gar nichts für seine Arbeitsfähigkeit; diese wird nur bedingt durch die Lage des Körpers in einem bestimmten Kraftfeld. Eine Verschiebung eines schweren, elektrischen, magnetischen ... Körpers in einem Gravitations-, elektrischen, magnetischen ... Felde ist notwendig verbunden mit einer Arbeit fremder Kräfte oder der bewegten Masse gegen die Feldkräfte oder mit einer Arbeit der Feldkräfte gegen fremde Kräfte oder gegen die Trägheit der bewegten Masse. Die Kürze der Ausdrucksweise, wie sie die Autoritäten der Naturwissenschaften lieben, sollte in Lehrbüchern zu Gunsten der Vermeidung von Misverständnissen aufgegeben werden; dann könnten solche Erörterungen, wie die hier gerügten, nicht so leicht vorkommen. — Die Ungenauigkeit bei den Grundbegriffen Arbeit, lebendige Kraft etc. zeigt sich übrigens in der Elektricitätslehre wieder. Im § 374 z. B. leistet wieder eine Masse Arbeit. — Als Muster einer Stilisirung, wie sie nicht sein darf, mag noch der „Satz von der Erhaltung der Energie" angeführt werden: er lautet: „Wenn auf denselben Körper dieselbe Kraft wirkt, so ist die Summe der kinetischen Energieen gleich der Summe der potentiellen Energieen." (!)

Auch der Potentialbegriff ist nicht präcise definiert, nicht einmal ganz klar erläutert. Abgesehen davon, dass das Gravitationspotential statt in der Mechanik in der Lehre von den magnetischen Erscheinungen behandelt ist, wird im § 375 das „Potential einer magnetischen Masseneinheit in einem bestimmten Punkte" definiert als „Arbeit, die erforderlich ist, um die positive Einheit aus unendlicher Ferne bis zu dem Punkte zu bringen." Die so definierte Arbeit ist aber das Maass des Potentials in einem gegebenen Punkte jedes beliebigen magnetischen Feldes, auch wenn die Feldkräfte nicht von einer magnetischen Einheit ausgehen. — Das elektrische Potential erfährt in § 404 die gewöhnliche Definition als Arbeit („gegen die Kräfte des elektrischen Feldes" sollte in Elementarbüchern stets ausdrücklich erwähnt sein). In § 412 heisst es dann: „Ist einem Pole eines galvanischen Elementes ein gewisses Potential der Elektricität mitgeteilt worden," etc. Diese Redewendung fordert zu den Fragen heraus: Ist das „Potential der Elekiricität etwas anderes als das „elektrische Potential"? Wenn nicht, wie teilt man einem Pole oder allgemein einem Leiter eine gewisse Arbeit „mit", die an einer positiven Ladungseinheit geleistet werden muss? Auch die allgemein übliche Ausdrucksweise, die auch z. B. im § 410 angewendet wird, es erfolge z. B. in einem Leiter, der in einem elektrischen Felde sich befindet, eine Bewegung positiver Ladung von Stellen höheren zu denen niedrigeren Potentials" lässt sich nicht ungezwungen mit dem im § 404 definierten Begriffe des elektrischen Potentials in Einklang bringen. Die Lehrbücher, die, wie schon oben erwähnt, wenigstens bei der ersten Einführung neuer Begriffe auf abgekürzte technische Bezeichnungen im Interesse der Verständlichkeit werden verzichten und diese Bezeichnungen später erst als solche ausdrücklich werden einführen müssen, sollten den Begriff des Potentials allgemeiner auffassen und jene Arbeit nur für das Maass des Potentials ausgeben; dann wird auch das, was man als Elektricitätsgrad der Erfahrung entnimmt, besser mit dem, was die mechanische Betrachtung der elektrischen Erscheinungen durch das Potential charakterisiert, identificiert werden können.

Nun die elektromotorische Kraft, dieses Schmerzenskind aller Lehrbücher! Sie ist im § 405 „die Kraft, welche die Bewegung (sc. der elektrischen Massen bei Verschiedenheit des Potentials an zwei Stellen der Leitung) hervorruft;" im § 409 ist sie „die Kraft, welche die bisher vereinigten Elektricitäten trennt; nach § 410 „erzeugt (!) sie immer wieder neue Elektricitäten;" dem § 411 nach ist sie „die Potentialdifferenz bei der Berührung zweier Glieder der

Spannungsreihe;" nach § 412 endlich ist sie (wenn wir den recht unklar stilisierten Satz recht verstehen) „in Wirklichkeit eine Arbeit, nämlich die, welche von der elektrischen Kraft (?) geleistet wird, wenn die Einheit der positiven Elektricität von einem Punkte des positiven Pols durch den Schliessungsbogen zu einem des negativen übergeht". Dass bei solcher Ungenauigkeit in der Bestimmung eines der wichtigsten Grundbegriffe der Elektricitätslehre vieles schwanken muss, ist selbstverständlich. Ohms Gesetz insbesondere erscheint durchaus nicht so begründet, dass es ohne specielle Anweisungen in jedem Einzelfalle sicher sich anwenden liesse. In der Lehre von den Induktionsströmen ist von einer elektromotorischen Kraft nicht die Rede, und doch ist nur mit Berücksichtigung auch der dortigen Verhältnisse eine klare Vorstellung dieses Begriffes zu gewinnen, sowie dort das absolute Maass für die „elektromotorische Kraft" benannte Grösse zu finden ist. Dass aber die inducierte elektromotorische Kraft nicht streng geschieden ist vom inducierten elektrischen Strom hat einige Unklarheiten zur Folge betreffs „Spannung" und „Stärke" der Induktionsströme. So wird z. B. der Schüler durch die Eingangsworte des § 438: „Wegen der hohen Spannung der Induktionsströme" etc. leicht zu der irrigen Ansicht geführt, Induktionsströme könnten nicht bei niedriger Spannung vorkommen. Nimmt man noch dazu den zu allgemein gehaltenen Satz aus § 410: „Wegen der geringen Spannung der galvanischen Elektricität etc.," so wird diese Meinung ergänzt, und es wird da ein Gegensatz wieder vorgeführt, welchen die Forschung immer mehr und mehr zu heben getrachtet und dermalen vollständig beiseite geschafft hat. Auch der § 441 leidet an Ungenauigkeiten, deren Quelle wir in dem besagten Mangel suchen möchten. —

Wir sind gerade auf die eben besprochenen Schwächen des Buches genauer eingegangen, weil dieselben allgemeineres Interesse für die Leser dieser Zeitschrift haben, insofern dermalen viele Versuche gemacht werden, in elementaren Lehrbüchern dem modernen Stand der Elektricitätslehre gerecht zu werden. Auch von methodischem Standpunkt aus hätten wir noch manche Einwendungen zu machen. In manchem Abschnitte wird Dogma an Dogma gereiht oder es werden die Worte: hieraus folgt, daher und dgl. verwendet, wo sie nicht am Platze sind. Wir begnügen uns mit dem Hinweis auf die versuchte Ableitung des Ohmschen Gesetzes.

Während so die Elektricitätslehre als sehr verbesserungsbedürftig erscheint und die Mechanik noch der Feile bedarf, kann von den übrigen Abschnitten namentlich die Optik als recht vollständig und bis auf kleine Details richtig und zweckmässig bearbeitet bezeichnet werden. Zu beachten wäre, dass der Ausdruck Interferenz im Buche nicht ordentlich definiert und schwankend gebraucht wird, und dass im § 201 „die natürliche Dichtigkeit der Sonnenstrahlen" und deren „Erwärmung zu 40° C." unverständliche Wendungen. Ein paar sachliche Fehler sind uns noch aufgefallen. Zu S. 419 ist zu bemerken, dass nach Buff Gold und Platin bei Berührung mit verdünnter Schwefelsäure positiv elektrisch werden; der dort angeführte allgemeine Satz ist also falsch. — Nicht der Davysche Lichtbogen giebt „mehr Licht als das Drummondsche Kalklicht" (S. 431), sondern die weissglühenden Kohlenspitzen leuchten so intensiv. — Die Siemenssche Dynamomaschine hat nicht einen Ring- (S. 466), sondern einen Trommelanker. — In der Spule eines Telephons befindet sich nicht ein Ende des Stahlmagnets, sondern aus leicht begreiflichen Gründen ein weicher Eisenkern, hinter dem erst der Magnetpol liegt (Fig. 411). — Die Bedeutung der Wechselstrommaschinen (§ 441) ist nicht richtig angegeben; dieselbe liegt vornehmlich in der leichten Transformierbarkeit der durch sie gelieferten Wechselströme. Schliesslich scheint uns in der Festigkeitslehre und in der Akustik zu häufig von der Freiheit Gebrauch gemacht, Formeln ohne Ableitung hinzuschreiben und zu verwenden.

Die Ausstattung des Buches ist von jener anderer Bücher gleicher Art überholt. Da wir an Illustrationen vorzügliche Vorlagen z. B. in den Werken des Viewegschen Verlages haben, scheint uns Originalität in dieser Richtung nicht anstrebenswert. *Dr. Eduard Maiss, Wien.*

Der praktische Elektriker. Populäre Anleitung zur Selbstanfertigung elektrischer Apparate und zur Anstellung zugehöriger Versuche nebst Schlussfolgerungen, Regeln und Gesetzen. Mit 350 in den Text gedruckten Abbildungen. Von Professor W. Weiler. Zweite vermehrte und verbesserte Auflage. Leipzig, Moritz Schäfer, 1893. 511 S. Preis M. 8,—.

Der ersten 1891 erschienenen Auflage (s. diese Zeitschrift VI 105) ist schnell die zweite gefolgt, ein Beweis, dass das nützliche Buch vielen Anklang gefunden hat." Die Zahl der Apparatbeschreibungen ist nur mässig vermehrt, dagegen sind die Versuche mit mehr Zahlenbeispielen belegt und mehreren Einrichtungen Kostenanschläge beigegeben worden." Das Kapitel über Apparate zur Spannungselektricität ist ausgefallen. Die Figuren, welche früher auf besonderen Tafeln beigegeben waren, sind dem Text eingefügt und beträchtlich vermehrt worden. Dem

eingehenden Inhaltsverzeichnis ist ein umfangreiches Namen- und Sachregister an die Seite gestellt worden. Die Fülle der Erfahrung, welche in dem Buche niedergelegt ist, macht dasselbe zu einem trefflichen Ratgeber auch für solche, welche sich nicht mit der Selbstanfertigung von Apparaten befassen wollen. Dahin gehört z. B. die Anweisung über die Behandlung der Akkumulatoren. Sehr erwünscht werden vielen auch die Angaben sein über die bei gegebener Stromstärke wegen der Erwärmung zu wählenden Dicken der blanken oder in verschiedener Weise umhüllten Leiter, sowohl wenn dieselben in freier Luft ausgespannt sind, als auch bei der Verarbeitung zu Elektromagnetrollen, ebenso die Tabelle über Widerstände von Eisendrähten, Kohlestäben und Nickelindrähten (zur Anfertigung von Stromregulatoren) mit Angabe der zulässigen Beanspruchung in Ampère und die Regeln über die Construktion der Elektromagnete. Die Ausstattung des Buches ist sehr gut. Die Anschaffung für die Sekundaner- und Primanerbibliothek ist zu empfehlen. *R. Heyne.*

Im Reiche des Geistes. Illustrierte Geschichte der Wissenschaften, anschaulich dargestellt von Karl Faulmann, k. k. Professor. Mit 13 Tafeln, 30 Beilagen und 200 Textabbildungen. XVI u. 941 S. M. 15,— oder fl. 9,—.

Das Werk liefert mit der Geschichte der Wissenschaften zugleich eine illustrierte Kulturgeschichte, da neben den Wissenschaften im engeren Sinne auch Unterricht und Rechtspflege, Land- und Forstwirthschaft, Sozialpolitik und Gefängniswesen in den Kreis der Darstellung gezogen sind. Es ist durch eine grosse Zahl vortrefflicher Nachbildungen von Holzschnitten und Kupferstichen älterer Werke, nach dem Muster einer bekannten illustrierten Litteraturgeschichte, ausgezeichnet. Von besonderem Interesse sind u. a. die Reproduktionen von Tobias Meyers Mondkarte, von Sömmerings Abbildung des menschlichen Auges, von K. E. v. Baers Entwicklung des Eies. Die physikalisch-chemischen Abschnitte enthalten dem Umfange des Ganzen entsprechend auf knappem Raum ein reichliches Material in geschickter Auswahl. *P.*

Experimentierkunde. Anleitung zu physikalischen und chemischen Versuchen in der Volks- und Bürgerschule von Dr. Eugen Netoliczka. Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage von Konrad Kraus. Mit 180 Abbildungen. Wien, A. Pichler's Witwe & Sohn, 195 S. M. 2,40.

Die zweite Auflage ist gegen die erste wesentlich vermehrt worden, die Zahl der beschriebenen Versuche ist von 357 auf 598 gestiegen. Die ersten vier Kapitel (26 S.) handeln über Experimente in der Volksschule im allgemeinen, von den nötigsten Werkzeugen und Geräten, von der Aufbewahrung der Apparate und von den gewöhnlichsten Arbeiten. Dann folgt in elf Kapiteln die Anleitung zu den einzelnen Versuchen. Von den 160 Seiten dieses speziellen Teiles kommen 126 auf die Physik und 34 auf die Chemie. Dass viele Versuche nur sehr einfache Hilfsmittel erfordern, gereicht dem Buche zum Vorteil. Auch ist die Anführung manches sehr einfachen Versuches in Rücksicht auf die Zwecke des Buches durchaus berechtigt. Aus derselben Rücksicht hätten die bisweilen drohenden Gefahren noch etwas stärker betont werden können, z. B. beim Experimentieren mit Phosphor. Das Buch ist sehr empfehlenswert. Auch dem Anfänger im Unterricht an neunklassigen Anstalten wird es treffliche Dienste leisten. *R. Heyne.*

Lehrbuch der Physik für den Schul- und Selbstunterricht. Bearbeitet von K. Fuss und G. Hensold. Mit vielen Übungsaufgaben, einer Spektraltafel und 342 Textabbildungen. 2. verbesserte Auflage. Freiburg i. B., Herder, 1894. XVI u. 446 S. geb. 4,65 M.

Die Vorzüge dieses hauptsächlich für Lehrerbildungsanstalten und Mittelschulen bestimmten Lehrbuches sind bereits in dieser Zeitschrift (V 265) anerkannt worden. Die dort ausgesprochenen Wünsche sind zumeist berücksichtigt; die neue Auflage ist um 10 Seiten gekürzt, die Abbildungen sind um 11 vermehrt worden. In der Anordnung und besonders durch die Art der eingestreuten Aufgaben erinnert es vielfach an die bewährten Sumpfschen Lehrbücher. Von Einzelheiten sei bemerkt: S. 24 stände statt „Pferdearbeit" besser Pferdestärke; S. 177 ist der Satz „Der Schall entsteht durch die Schwingungen körperlicher Massen; das Licht wird durch die Schwingungen der Moleküle erzeugt" zu beanstanden. Nach S. 113 wäre Schmiedeeisen leichter als Stahl, nach Landolt und Börnstein's Tabellen ist Schmiedeeisen 7,79 bis 7,85, Stahl 7,6 bis 7,80. *O. Ohmann.*

Leitfaden für den Unterricht im chemischen Laboratorium. Von F. Dannemann. Hannover, Hahnsche Buchhandlung, 1893. 55 S. Preis M. 1,—.

Zu der Besprechung auf S. 177 sei auf Wunsch des Verfassers berichtigend hinzugefügt, dass die Prüfung auf Ammoniumsalze nicht fehlt, sondern bei der Vorprüfung angegeben ist. *Böttger.*

Programm-Abhandlungen.

Die magnetischen Kraftlinien im physikalischen Unterricht. Von Dr. Wilhelm Velde. 8. Städt. Realschule (Höh. Bürgersch.) zu Berlin, Ostern 1894. Pr. No. 123. 18 S. und 2 Figurentafeln.

Der Verfasser liefert einen Beitrag zur Behandlung der Kraftlinien, der sich in thatsächlicher Beziehung wesentlich innerhalb der von Szymański (vgl. d. Zeitschr. *VII* 10) dargebotenen experimentellen Darstellung bewegt und am Schlusse einige Andeutungen über die Erklärung der Dynamomaschinen hinzufügt. Die Abhandlung ist als Versuch einer ganz elementaren Behandlung des Gegenstandes von Interesse, doch gelten auch hier die Einwände, die schon bei früherer Gelegenheit (d. Zeitschr. *IV* 41, *V* 93) gegen eine ausgedehntere Einbeziehung der Kraftlinientheorie in den Unterricht vorgebracht worden sind. Der Verfasser beruft sich auf Prof. Slaby, der beim Berliner Ferienkurse (1893) sich dahin ausgesprochen habe, die Methode, die in den jetzt gebräuchlichen Lehrbüchern der Physik befolgt werde, sei für die Praxis absolut nicht zu gebrauchen, die Unterrichtsmethode müsse unbedingt geändert werden, da bei jungen Leuten, die ihre in der Schule erworbenen Kenntnisse in der Physik praktisch verwerten wollten, jetzt eine geraume Zeit darauf verwendet werden müsse, ihre bisherigen Anschauungen zu „vernichten“. Man muss gegen solche Forderungen in der That immer wiederholen, dass unsere Schulen keine Fachschulen für Elektrotechniker sind; wer sich diesem Beruf zuwendet, wird sich bei sonst solider physikalischer Grundlage leicht die ihm noch fehlenden Begriffe aneignen, ja es wird für ihn sogar von Vorteil sein, dieselben Thatsachen auch auf die ältere, keineswegs veraltete Weise angesehen zu haben und so vor theoretischer Einseitigkeit bewahrt zu sein. Wenn der Verfasser ferner behauptet, für das wirkliche Verständnis der Grundbegriffe Volt, Ohm, Ampère sei eine eingehende Besprechung der Kraftlinien unerlässlich, so ist dies theoretisch wie historisch unrichtig. Nur wer diese Begriffe lediglich durch die Brille der Kraftlinientheorie sieht und ihre Geschichte ausser Acht lässt, kann eine solche Behauptung aufstellen angesichts der Thatsache, dass die absoluten elektrischen Einheiten, auf die sich jene Maasse gründen, von Weber definiert und experimentell festgelegt worden sind, lange ehe es eine Kraftlinientheorie im heutigen Sinne gab. Gegenüber der Vereinfachung, die aus der Einführung der Kraftlinien sich von vornherein für eine deduktive Behandlung des ganzen Gebietes der Induktionserscheinungen ergiebt, erscheint es für den Unterricht von höherem Werte, durch allmähliche Ausdehnung des Thatsachenbereichs bis zur abschliessenden Zusammenfassung durch das Lenzsche Gesetz ein Beispiel induktiver Erkenntnis darzubieten. Wo hinreichende Zeit vorhanden ist, wird dann eine Betrachtung der Erscheinungen unter dem Gesichtspunkte des Kraftfeldes ergänzend hinzutreten können. *P.*

Anwendung des Prinzips der conformen Abbildung auf ein Problem der Elasticität. Von Robert Amhof. Herzogl. Ernestinum (Realschule) zu Coburg. Ostern 1894. Pr. No. 704. 21 S. u. 2 Taf.

Eine quadratische gerade Säule ist mit der einen Endfläche festgelegt, während an der anderen ein Kräftepaar wirkt, dessen Componenten in der Fläche selbst liegen, so dass das Prisma in seiner Längsrichtung keinen Zug erleidet. Auf die Seiten der Säule wirken keine Kräfte ein, auch der Einfluss der Schwere wird nicht berücksichtigt. Unter Annahme dieser äusseren Bedingungen wird die bereits von St. Venant behandelte einfache Drillung eines quadratischen Stabes von neuem unter Verwendung des Prinzips der conformen Abbildung untersucht. Diese Transformation war zweckentsprechend, da die entsprechende Aufgabe für den Kreiscylinder keine besonderen Schwierigkeiten bietet, und man die Coordinatenbeziehung kennt, die das Quadrat zusammenhängend und in den kleinsten Teilen ähnlich auf den Kreis überträgt. *H.*

Schwingungen parabolisch begrenzter Membranen. Von Ernst Kusch. Victoria-Gymnasium zu Potsdam. Ostern 1894. 30 S.

In Anlehnung an die Arbeit Webers in den *Math. Ann. I* wird für das Problem der Schwingungen einer gespannten Membran, welche von confocalen Parabeln begrenzt wird, die seither noch fehlende Erörterung der transcendenten Gleichungen, die sich aus den Grenzbedingungen ergeben, und im Anschluss daran eine Untersuchung der bei den Schwingungen auftretenden Knotenlinien durchgeführt. Die physikalischen Ergebnisse sind: Die Knotenlinien sind sämtlich Parabeln, welche den Begrenzungsparabeln confocal sind. Je schneller die Membran schwingt, je höher sich der Ton hebt, welchen die Membran erzeugt, desto grösser ist die Anzahl der auftretenden Knotenlinien. *H.*

Bolometrische Arbeiten. Die Rotationsdispersion ultraroter Strahlen im Quarz. Von Albert Hupe. Realschule zu Charlottenburg, Progr. Ostern 1894. 48 S. und 1 Tafel.

Der erste Teil der Arbeit giebt einen kritischen Überblick über die Entwicklung, die

Handhabung und die Anwendung der Bolometer. Im zweiten Teil wird das bolometrische Verfahren an einer Untersuchung über die Drehung der Polarisationsebene ultraroter Strahlen im Quarze dargelegt. *H.*

Versammlungen und Vereine.

66. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte
in Wien, 24.—30. September 1894. (Schluss.)

Von dem Vortrage des Herrn Professors E. Mach „Über das Prinzip der Vergleichung in der Physik" geben wir nachstehend einen ausführlichen Auszug[1]):

Als Kirchhoff vor 20 Jahren die Aufgabe der Mechanik dahin feststellte, „die in der Natur vor sich gehenden Bewegungen vollständig und auf die einfachste Weise zu beschreiben," rief er mit diesem Ausspruch allgemeines Staunen hervor, und noch heute erscheinen erkenntniskritische Abhandlungen, welche deutlich zeigen, wie schwer man sich mit diesem Standpunkte abfindet. Es war unvermeidlich, dass in den lapidaren Kirchhoffschen Ausdruck nicht manches hineingelegt wurde, was derselbe nicht meinte, und dass andererseits nicht manches darin vermisst wurde, was bisher als ein wesentliches Merkmal der wissenschaftlichen Erkenntnis gegolten hatte. Was soll uns eine blosse Beschreibung? Wo bleibt die Erklärung, die Einsicht in den causalen Zusammenhang?

Um der Beantwortung dieser Frage näher zu kommen, lenkte der Vortragende den Blick auf die Art, wie die Ergebnisse der Wissenschaft zustande kommen: Wir kennen eine einzige Quelle unmittelbarer Offenbarung von naturwissenschaftlichen Thatsachen — unsere Sinne. Aber wenig hätte das zu bedeuten, was der Einzelne allein auf diesem Wege in Erfahrung bringen könnte, wenn nicht die sprachliche Mitteilung hinzuträte. Die Worte der menschlichen Sprache nun sind Namen und Zeichen für allgemein bekannte, gemeinsam beobachtbare und beobachtete Thatsachen. Die Mitteilung einer neuen Thatsache wäre nicht möglich, wenn nicht die Erinnerung stets bereit wäre, solche bekannte Thatsachen, die der neuen ähnlich sind, d. h. in gewissen Merkmalen mit ihr übereinstimmen, zur Vergleichung darzubieten. Die Vergleichung ist daher zugleich das mächtigste innere Lebenselement der Wissenschaft. Auch die Physik lebt und wächst, wie jede andere Wissenschaft, durch Vergleichung.

Das Ergebnis der Vergleichung kann auf verschiedene Weise mitgeteilt werden. In einigen Fällen begnügt sich die Mitteilung mit der Verwendung rein begrifflicher Mittel, sie kann dann eine direkte Beschreibung genannt werden. In anderen Fällen wird ausgesagt, dass sich eine Thatsache A in vielen oder allen Stücken wie eine bereits bekannte Thatsache B verhalte. Dann handelt es sich um eine indirekte Beschreibung, worunter auch das, was wir eine Theorie oder eine theoretische Idee nennen, zu rechnen ist.

Eine der ältesten Theorien dieser Art ist der Fetischismus, der die Gegenstände nach Analogie des menschlichen Willens als beseelt ansieht, und der mit seinen letzten Spuren, mit der Vorstellung von den Kräften, noch in unsere heutige Physik hinüberragt. Bei fortschreitender Beobachtung der Wärmeerscheinungen drängte sich als theoretische Idee die Annahme eines Stoffes auf, der von einem Körper zum andern übergeht, dessen Gesamtmenge aber constant bleibt. Unter der Leitung dieser Idee hat Black die spezifische Wärme, die Verflüssigungs- und Verdampfungswärme entdeckt. Später hat dieselbe Idee den Fortschritt gehemmt. Aber auch Robert Mayer und Joule, welche die Blacksche Stoffvorstellung endgültig vernichteten, haben dieselbe Stoffvorstellung in abstrakterer Form und modifiziert auf einem viel umfassenderen Gebiet wieder eingeführt: die Summe von Wärme und Arbeit bei Mayer, die Summe der Stromwärme, der Verbrennungswärme des Knallgases, der elektromagnetischen Stromarbeit bei Joule hat selbst substantiellen Charakter. Mayer vertritt die Überzeugung von der Unzerstörbarkeit der Kraft mit der grössten instinktiven Gewalt des Genies, während Joule sich der eingehenden Begründung der neuen Lehre durch wunderbar angelegte und meisterhaft ausgeführte Experimente zuwendet. Bald nimmt auch Helmholtz die Frage in seiner ganz selbständigen und eigenartigen Weise in Angriff. Ihm ist das Prinzip der Energieerhaltung kein a priori einleuchtender Satz. Was folgt, wenn er besteht? In dieser hypothetischen Frageform bewältigt er seinen Stoff.

Das begrifflich Wesentliche der Blackschen Theorie, die Constanz der Summe der Pro-

[1]) Der Wortlaut des Vortrages ist in den Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte 1894 (I) veröffentlicht.

dukte aus den Massen und den zugehörigen Temperaturänderungen, behielt auch nach Verwerfung der Theorie seinen Wert und kann als direkte Beschreibung der Blackschen Thatsachen angesehen werden. Ebenso bedeutete das Energieprinzip einen Beitrag zur direkten Beschreibung eines umfassenden Gebiets von Thatsachen. Es scheint demnach, als habe allmählich an die Stelle der indirekten die direkte Beschreibung zu treten, welche nichts Unwesentliches mehr enthält und sich lediglich auf die begriffliche Fassung der Thatsachen beschränkt. Aber ohne die Vergleichung würden wir niemals zu diesem Ziel gelangen. Durch ihre Thätigkeit entwickeln sich zunächst die Begriffe der gewöhnlichen Verkehrssprache; mannigfaltiger und zahlreicher werden dann die Vergleichungen, umfassender die verglichenen Thatsachengebiete, entsprechend allgemeiner und abstrakter die gewonnenen Begriffe, welche die direkte Beschreibung ermöglichen.

„Erst wird uns der freie Fall der Körper vertraut. Die Begriffe Kraft, Masse, Arbeit werden in geeigneter Modifikation auf die elektrischen und magnetischen Erscheinungen übertragen. Der Wasserstrom soll Fourier das erste anschauliche Bild für den Wärmestrom geliefert haben. Ein besonderer, von Taylor untersuchter Fall der Saitenschwingung erklärt ihm einen besonderen Fall der Wärmeleitung. Ähnlich wie Dan. Bernoulli und Euler die mannigfaltigsten Saitenschwingungen aus Taylorschen Fällen, setzt Fourier die mannigfaltigsten Wärmebewegungen analog aus einfachen Leitungsfällen zusammen, und diese Methode verbreitet sich über die ganze Physik. Ohm bildet seine Vorstellung vom elektrischen Strom jener Fouriers nach. Dieser schliesst sich auch Ficks Theorie der Diffusion an. In analoger Weise entwickelt sich eine Vorstellung vom magnetischen Strom. Alle Arten von stationären Strömungen lassen nun gemeinsame Züge erkennen, und selbst der volle Gleichgewichtszustand in einem ausgedehnten Medium teilt diese Züge mit dem dynamischen Gleichgewichtszustand, der stationären Strömung. So weit abliegende Dinge wie die magnetischen Kraftlinien eines elektrischen Stromes und die Stromlinien eines reibungslosen Flüssigkeitswirbels treten dadurch in ein eigentümliches Ähnlichkeitsverhältnis. Der Begriff Potential, ursprünglich für ein engbegrenztes Gebiet aufgestellt, nimmt eine umfassende Anwendbarkeit an. An sich so unähnliche Dinge wie Druck, Temperatur, elektromotorische Kraft zeigen nun doch eine Übereinstimmung in ihrem Verhältnis zu den daraus in bestimmter Weise abgeleiteten Begriffen: Druckgefälle, Temperaturgefälle, Potentialgefälle und zu den ferneren: Flüssigkeits-, Wärme-, elektrische Stromstärke. Eine solche Beziehung von Begriffssystemen, in welcher sowohl die Unähnlichkeit je zweier homologer Begriffe als auch die Übereinstimmung in den logischen Verhältnissen je zweier homologer Begriffspaare zum klaren Bewusstsein kommt, pflegen wir eine Analogie zu nennen. Dieselbe ist ein wirksames Mittel, heterogene Thatsachengebiete durch einheitliche Auffassung zu bewältigen. Es zeigt sich deutlich der Weg, auf dem sich eine allgemeine, alle Gebiete umfassende physikalische Phänomenologie entwickeln wird.“

Bei dem geschilderten Vorgang gewinnen wir den weitreichenden abstrakten Begriff der zur direkten Beschreibung grosser Thatsachengebiete unentbehrlich ist. Aber was ist ein Begriff? Die Definition eines Begriffes, und falls sie geläufig ist, schon der Name des Begriffes, ist „ein Impuls zu einer genau bestimmten, oft complizierten, prüfenden, vergleichenden oder construierenden Thätigkeit, deren nicht sinnliches Ergebnis ein Glied des Begriffsumfangs ist“. Der Begriff ist für den Naturforscher, was die Note für den Klavierspieler. Der geübte Mathematiker oder Physiker liest eine Abhandlung so, wie der Musiker eine Partitur liest. Auch der Physiker und Mathematiker muss eine lange Lehrzeit durchmachen, bevor er die mannigfaltigen feinen Innervationen seiner Muskeln und seiner Phantasie, wenn ich so sagen darf, beherrscht. Trifft er aber nach der nötigen Übung z. B. auf den Begriff „Selbstinduktionscoefficient“, so weiss er sofort, was das Wort von ihm will. „Wohlgeübte Thätigkeiten, die sich aus der Notwendigkeit der Vergleichung und Darstellung der Thatsachen durch einander ergeben haben, sind also der Kern der Begriffe.“

„Es sei nun das Ideal der direkten Beschreibung für ein Thatsachengebiet erreicht. Leistet die Beschreibung alles, was der Forscher verlangen kann? Ich glaube ja! Die Beschreibung ist ein Aufbau von Thatsachen in Gedanken, welcher in den experimentellen Wissenschaften oft die Möglichkeit einer wirklichen Darstellung begründet.... Man verlangt von der Wissenschaft, dass sie zu prophezeien verstehe.... Sagen wir lieber: Die Wissenschaft hat teilweise vorliegende Thatsachen in Gedanken zu ergänzen. Dies wird durch die Beschreibung ermöglicht, denn diese setzt Abhängigkeit der zu beschreibenden Elemente von einander voraus, da ja sonst nichts zu beschreiben wäre.“

„Man sagt, dass die Beschreibung das Causalitätsbedürfnis unbefriedigt lässt. Wirklich

glaubt man Bewegungen besser zu verstehen, wenn man sich die ziehenden Kräfte vorstellt, und doch leisten die thatsächlichen Beschleunigungen mehr, ohne Überflüssiges einzuführen. Ich hoffe, dass die künftige Naturwissenschaft die Begriffe Ursache und Wirkung, die wohl nicht für mich allein einen starken Zug von Fetischismus haben, ihrer formalen Unklarheit wegen beseitigen wird. Es empfiehlt sich vielmehr, die begrifflichen Bestimmungselemente einer Thatsache als abhängig von einander anzusehen, einfach in dem rein logischen Sinne, wie dies der Mathematiker, etwa der Geometer, thut. Die Kräfte treten uns ja durch Vergleich mit dem Willen näher; vielleicht wird aber der Wille noch klarer durch den Vergleich mit der Massenbeschleunigung.

Fragen wir uns aufs Gewissen, wann uns eine Thatsache klar ist, so müssen wir sagen, dann, wenn wir dieselbe durch recht einfache, uns geläufige Gedankenoperationen, etwa Bildung von Beschleunigungen, geometrische Summation derselben u. s. w., nachbilden können. Diese Anforderung an die Einfachheit ist selbstredend für den Sachkundigen eine andere als für den Anfänger. Ersterem genügt die Beschreibung durch ein System von Differentialgleichungen, während letzterer den allmählichen Aufbau aus Elementargesetzen fordert. Ersterer durchschaut sofort den Zusammenhang beider Darstellungen. Es soll natürlich nicht in Abrede gestellt werden, dass sozusagen der künstlerische Wert sachlich gleichwertiger Beschreibungen ein sehr verschiedener sein kann."

„Am schwersten werden Fernerstehende zu überzeugen sein, dass die grossen allgemeinen Gesetze der Physik für beliebige Massensysteme, elektrische, magnetische Systeme u. s. w. von Beschreibungen nicht wesentlich verschieden seien. Die Physik befindet sich da vielen Wissenschaften gegenüber in einem leicht darzulegenden Vorteil.... Sie zeigt uns ganze grosse Gebiete qualitativ gleichartiger Thatsachen, die sich nur durch die Zahl der gleichen Teile, in welche deren Merkmale zerlegbar sind, also nur quantitativ unterscheiden. Auch wo wir mit Qualitäten (Farben und Tönen) zu thun haben, stehen uns quantitative Merkmale derselben zur Verfügung. Hier ist die Klassifikation eine so einfache Aufgabe, dass sie als solche meist gar nicht zum Bewusstsein kommt, und selbst bei unendlich feinen Abstufungen, bei einem Continuum von Thatsachen, liegt das Zahlensystem im Voraus bereit, beliebig weit zu folgen. Die coordinierten Thatsachen sind hier sehr ähnlich und verwandt, ebenso deren Beschreibungen, welche in einer Bestimmung der Maasszahlen gewisser Merkmale durch jene anderer Merkmale mittels geläufiger Rechnungsoperationen, d. i. Ableitungsprozesse bestehen. Hier kann also das Gemeinsame aller Beschreibungen gefunden, damit eine zusammenfassende Beschreibung oder eine Herstellungsregel für alle Einzelbeschreibungen angegeben werden, die wir eben das Gesetz nennen. Allgemein bekannte Beispiele sind die Formeln für den freien Fall, den Wurf, die Centralbewegung u. s. w. Leistet also die Physik mit ihren Methoden scheinbar so viel mehr als andere Wissenschaften, so müssen wir andererseits bedenken, dass dieselbe in gewissem Sinne auch weitaus einfachere Aufgaben vorfindet."....

„Denken wir nun an Kirchhoffs Worte zurück, so werden wir uns über deren Bedeutung leicht verständigen. Gebaut kann nicht werden ohne Bausteine, Mörtel, Gerüst und Baufertigkeit. Wohl aber ist der Wunsch wohlbegründet, den fertigen, nun auf sich beruhenden Bau dem künftigen Geschlecht ohne Verunstaltung durch das Gerüst zu zeigen. Es ist der reine logisch-ästhetische Sinn des Mathematikers, der aus Kirchhoff spricht. Seinem Ideal streben neuere Darstellungen der Physik wirklich zu, und dasselbe ist auch uns verständlich. Ein schlechtes didaktisches Kunststück aber wäre es allerdings, wollte man Baumeister bilden, indem man sagt: Sieh hier einen Prachtbau, willst du auch bauen, so gehe hin, und thue desgleichen."

„Die Schranken zwischen Fach und Fach, welche Arbeitsteilung und Vertiefung ermöglichen, und die uns doch so frostig und philisterhaft anmuten, werden allmählich schwinden. Brücke auf Brücke wird geschlagen. Inhalt und Methoden selbst der abliegendsten Fächer treten in Vergleichung..... Fördernd für diese Wandlung muss es aber sein, wenn wir uns die innere Verwandtschaft aller Forschung gegenwärtig halten, welche Kirchhoff mit so klassischer Einfachheit zu bezeichnen wusste." (P.)

Sektion für Physik. In der Sitzung am 24. September besprach Herr E. Wiedemann die neuen Arbeiten über die Luft- und Ätherschwingungen. Das Detail gedenkt er während des Winters 1895 zu veröffentlichen. In der Debatte wendet sich Herr Boltzmann gegen das mögliche Missverständnis, dass der zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie ungiltig sei; das Missverständnis werde durch eine passende Fassung des Temperaturbegriffs beseitigt.

Darauf wohnte die Abteilung, einer Einladung des Herrn Prof. Stricker folgend, den elektrischen Versuchen des Assistenten des Institutes, Herrn M. Reiner, bei. Gezeigt wurde nach dem Vorgange Strickers, dass sich beim Voltaschen Grundversuche die elektrische Energie an dem Plattenpaare auch dann noch nachweisen lasse, wenn die Platten nicht aus dem unmittelbaren Contakte gerissen werden, sondern nur bis zu einer gewissen Distanz einander genähert und dann erst rasch entfernt werden, dass also der wirkliche Contakt, wenn auch quantitativ von Wichtigkeit, doch nicht das Wesen jener von Volta aufgedeckten Erscheinung ausmache. Weiter demonstrierte Reiner die Methode Strickers, das Potential eines Metalles in Flüssigkeit zu bestimmen. Sie besteht darin, dass die Flüssigkeit durch einen Leiter zweiter Ordnung (bei sorgfältiger Vermeidung jedes metallischen Contaktes) mit der Erde verbunden wird, während ein Draht die Verbindung des Metalles mit dem Quadrantenpaare herstellt.

Am 25. September hielt Herr Müller-Erzbach (Bremen) zwei Vorträge: 1. Über das Gesetz der Abnahme der Absorptionskraft bei zunehmender Dicke der absorbierten Schichten. Nach früher veröffentlichten Versuchen des Vortragenden erfolgt die Abnahme nach dem Quadrate der Abstände und dasselbe Gesetz ist auch von anderer Seite für die Molekularanziehung abgeleitet. Weitere Versuche sind in grosser Zahl angestellt und bestätigend ausgefallen. Eine neue Prüfung der Frage nach der Wirkungsweite der Molekularkräfte führte ähnlich wie bei früheren Beobachtungen zu einem Werte von mindestens 1600 Mikromillimeter, bis zu welchem die Adhäsion sich noch wirksam erweist. — 2. Bestimmung der Temperatur durch das Verdunsten von Vierfach-Chlorkohlenstoff. Der Vortragende hat als verdunstende Flüssigkeit Vierfach-Chlorkohlenstoff namentlich auch deshalb geeignet befunden, weil sie erst nahe bei — 25° erstarrt. Er empfiehlt seinen Thermointegrator als den bei weitem bequemsten Apparat, um Mitteltemperaturen zu finden.

Herr Hammerl (Innsbruck) demonstrierte ein Modell einer dynamo-elektrischen Maschine, das erlaubt, den Verlauf der Ströme in Grammes Ringinduktor bei Gleichstrom, Wechselstrom, zwei- und dreiphasigen Wechselströmen zu zeigen. Das Modell besteht der Hauptsache nach aus einer feststehenden runden Glasscheibe, die in der Mitte eine Axe für eine bewegliche Glasscheibe trägt. Auf der letzteren können für die verschiedenen Fälle entsprechende Kartonscheiben mit einer Zeichnung des Grammeschen Ringes gelegt werden. Windungen und Collektoren sind jedoch transparent, so dass durch geeignet ausgeschnittene Kartone, mit denen man die feststehende Glasscheibe bedeckt, bei Beleuchtung von rückwärts Lichtpunkte auftreten, die bei der Drehung der beweglichen Scheibe sich verschieben und auf diese Weise den Verlauf der Ströme direkt sichtbar machen.

Sodann sprach Herr P. Bachmetjew (Sophia): „Über die elektrischen Erdströme Bulgariens.“ Die Messungen wurden mit Zinkelektroden, die in Sandfässer eingesetzt waren, ausgeführt. Es ergab sich ein Parallelismus zwischen Temperaturkurve und Spannungskurve der Erdströme; auch ist die Normalrichtung der Intensitätsmaxima des Erdstroms zum magnetischen Meridian höchst bemerkenswert. Das Maximum der Spannung der elektrischen Ströme bezeichnet Herr Bachmetjew etwa 0,1 Volt. Trotzdem stellt er die Frage: „Existiert der Erdstrom wirklich oder sind die beobachteten Ströme anders zu erklären?“

Herr Klemenčič (Graz) zeigt in seinem Vortrage „Über die Selbstinduktion in Eisendrähten“, wie es ihm beim symmetrischen Arrangement der Wheatstoneschen Brücke gelungen ist, den Einfluss der Selbstinduktion und magnetischen Susceptibilität in axialer und circularer Richtung strenge zu scheiden und zu messen. Er gelangt dabei zu einer Art magnetischer Doppelbrechung und findet seine Versuche mit der Heringschen Theorie des remanenten Magnetismus in Übereinstimmung.

Herr R. Börnstein berichtet „Über luftelektrische Beobachtungen bei Ballonfahrten“, wobei das Potentialgefälle nach obenhin abnahm und in etwa 3000 m Höhe unmessbar klein wurde.

Endlich sprach Herr W. Wien (Berlin) „Über Windstärke und Wellenformen“. Er gab eine Anzahl graphischer Interpretationen aus der Theorie der Flüssigkeitswellen von Helmholtz, wobei er die $(z + yi)$ Potenz der natürlichen Exponentiellen als Abbildungsfunktion benützte.

In der Sitzung am 26. September führte Herr Tuma in glanzvollen Experimenten „die Teslaschen Versuche mit Strömen von hoher Frequenz“ vor und zwar: 1. Das Impedanzphänomen mit U-förmigem Kupferbügel und zwischen dessen Schenkeln angeschlossenen Glühlampen. 2. Die Induction eines Solenoids auf einen einfachen Drahtkreis. 3. Die Trans-

formation der Teslaschen Ströme auf eine hohe Spannung und den Funkenstrom. 4. Die Ungefährlichkeit des letzteren, indem sich der Experimentator selbst als Zuleitung zu einer Glühlampe einschaltet. 5. Den Funkenstrom auf Gyps. 6. Das Leuchten einpoliger Glühlampen samt Theorie. 7. Leuchtende Röhren ohne Elektroden.

Herr Sahulka (Wien) sprach dann über „Neuere Untersuchungen am elektrischen Lichtbogen“. Er teilt mit, dass ein mit Wechselstrom zwischen ungleichartigen Elektroden erzeugter Lichtbogen sich wie die Quelle einer gleichgerichteten elektromotorischen Kraft verhalte; durch Eintauchen von Probestäbchen in den Lichtbogen zeigte er, dass durch eine Tangentenbussole, während im Hauptkreise der undulierende Wechselstrom herrscht, ein Gleichstrom fliesst, dessen elektromotorische Kraft etwa mit 38 Volt zwischen den Elektroden fixiert ist. Erzeugt man den Lichtbogen mit Wechselstrom zwischen gleichartigen Elektroden, so besteht zwischen den Elektroden und dem Lichtbogen eine gleichgerichtete Spannungsdifferenz. Aus den Versuchsergebnissen kann man schliessen, dass, wie an dem in den Lichtbogen eingetauchten Probestäbchen, auch an den Elektroden selbst elektromotorische Kräfte auftreten.

In der gemeinschaftlichen Sitzung der physikalischen und chemischen Sektion am 27. September berichtet Herr Kahlbaum (Basel) „Über Spannkraftmessungen“, die an Benzolderivaten, entsprechenden Methylkedonen, Methylestern und Chloranhydriden, Mono- und Dimethyl- und Äthylanilin angestellt worden sind. — Hierauf hielt Herr J. M. Eder (Wien) einen Vortrag „Über ultraviolette Absorptions- und Emissionsspektren“. Derselbe bespricht eine Reihe grösserer Spektraluntersuchungen, welche er in Gemeinschaft mit E. Valenta angestellt hat. Hervorzuheben ist besonders, dass beide Genannten ein neues Bandenspektrum des Quecksilbers entdeckt und das Linienspektrum desselben sichergestellt haben. Da das Molekül des Quecksilberdampfes nur aus einem Atome besteht, so ergiebt sich die Unhaltbarkeit der Lockyerschen Theorie der Bandenspektren, welche er dem Molekül zuschreibt; auch Wüllners Theorie wird hiermit hinfällig. Die Bandenspektren sind vielmehr auch an Vibrationen der Atome, respektive deren Ätherhüllen gebunden. Die diesbezüglichen Wellenlängenmessungen und Spektrumphotographien sind in den Denkschriften der Akademie der Wissenschaften in Wien publiciert.

Sodann hielt Herr Eduard Valenta einen Vortrag mit Demonstrationen „Über seine Versuche über Photographie in natürlichen Farben nach der Interferenzmethode von Lippmann“. Der Vortragende benutzte eine von ihm hergestellte Bromsilbergelatinemulsion und ein Gemisch von Cyanin und Acridingelb als Sensibilisator. Er weist auf den Umstand hin, dass die Feuchtigkeit der Luft beim Trocknen der Platten auf die richtige Farbenwiedergabe sehr bedeutenden Einfluss übe und spricht über die von ihm zuerst nachgewiesene Möglichkeit, solche Bilder mittels Quecksilberchlorid zu verstärken. Der Vortragende hat auch gefunden, dass zwei Bilder eines Spektrums übereinander photographiert unter gewissen Umständen Interferenzstreifen zeigen.

In der Sitzung am 27. September zeigte und erläuterte Herr Zickler (Brünn) sein Universal-Elektrodynamometer; sowohl Stromstärken von 0,1 bis 100 Ampère, als Spannungen von 5 bis 600 Volt (durch die Quadratwurzel aus dem Torsionswinkel C), und ausserdem Energieen bis 50000 Voltampères (durch die erste Potenz des Torsionswinkels) können damit gemessen werden.

Darauf bespricht Herr Wittwer die calorischen Energievorgänge in einem sogenannten „idealen Gas“ und in einem „wirklichen Gase.“

Ferner demonstrierte Herr Töpler den Anwesenden „Versuche mit seiner vielplattigen Influenzmaschine.“. Er zeigte mittels Projektion an die Wand des Saales, wie mit dem für seinen Zweck neu construierten ballistischen Elektroskope die Hertz'schen Schwingungen der Elektricität anschaulich vorgewiesen werden können. Die Reproduktion der Teslaschen Versuche mittels der Influenzmaschine mit 20 Plattenpaaren gestaltete sich nicht so glanzvoll wie bei Anwendung der Wechselstromtransformatoren, ergab aber vielseitig instruktive Versuche. Besonderes Interesse erregte die schmerzlose Durchleuchtung der Finger und der Wangen des Assistenten Töplers.

Darauf wurden von Herrn Lehmann (Aachen) „Versuche aus der Molekularphysik“ demonstriert. Dieselben umfassten: Molekulare Umlagerungen bei Protocatechusäure, Quecksilberorthoditolyl α-naphtylamin-sulfosaurem Natrium, salpetersaurem Ammoniak, essigsaurem und benzoesaurem Cholesteryl; flüssige Krystalle von Azoxyphenetol; künstliche Färbung von Meconsäure- und Salmiakkrystallen; Umwandlung von Salmiak-Mischkrystallen; Elektrolyse von Zinnchlorid; elektrische Diffusion bei Congorot und Tropäolin. Mit und ohne Anwendung

des Nicolschen Prismas wurden die feinen mikroskopischen Vorgänge in den Moleculardistanzen beim Anschiessen der Krystalle in vollendeter Schärfe zur Darstellung gebracht und objektiv auf mehrere Quadratmeter projiciert. Besonders Interesse erregte die Feststellung der sechs Aggregatzustände des salpetersauren Ammoniaks und die Elektrolyse des Wassers.

In der am 28. September mit der geodätischen, der meteorologischen und physikogeographischen Sektion gemeinsam abgehaltenen Sitzung hielt Herr Neumayer einen Vortrag: „Über einige neuere Arbeiten über die Theorie des Erdmagnetismus“ und begründete einen Antrag behufs Förderung der antarktischen Forschung, der zur Annahme gelangte. Herr von Obermayer giebt eine Darstellung der Umstände, unter welchen das Observatorium auf dem Sonnblick (3100 m) erbaut wurde und legte die Notwendigkeit einer Fortführung der Beobachtungen in der bisherigen Weise dar. Nachdem von vielen Seiten die Wichtigkeit dieser Beobachtungen bestätigt war, wurden die bezüglichen Thesen des Vortragenden einstimmig angenommen.

In der Schlusssitzung der physikalischen Sektion am 28. September hielt Herr O. Simony (Wien) einen Vortrag „Über periodische Aufnahmen des Sonnenspektrums vom Gipfel des Pik von Teneriffa (3711 m)“. Wenn die Wärmeausstrahlung des Sonnenkörpers periodischen Änderungen unterworfen ist, so liegt die Frage nahe, ob derartige Änderungen sich nicht auch in den Absorptionslinien des Sonnenspektrums ausprägen, falls dasselbe in mehrjährigen Intervallen unter gleichen äusseren Bedingungen möglichst vollständig photographiert wird. Die erste, 420 Photogramme umfassende Reihe von derartigen Aufnahmen speziell des ultravioletten Sonnenspektrums ist von dem Vortragenden im August 1888 während eines achtzehntägigen Aufenthaltes auf dem Pik de Teyde teils nächst einer Schutzhütte in 3260 m Höhe, teils auf dem Schuttfelde des Gipfelkraters mit Hilfe eines nach den Angaben Dr. V. Schumanns construierten Spektrographen ausgeführt worden. Es kamen bei Expositionszeiten bis zu drei Minuten Spaltbreiten bis 0,004 mm in Anwendung. Die erhaltenen ultravioletten Spektren zeigen (A. Cornus' Referat in *C. R. CXI 941—947*) in einem jenseits der äussersten früher bekannt gewordenen Linie *U* gelegenen Streifen 33 neue Linien, von welchen drei zugleich dem Linienspektrum des Eisens und zwei dem des Magnetismus angehören.

Sodann berichtet Herr Pringsheim (Berlin) über seine mit O. Lummer ausgeführten Versuche, das Verhältnis der spezifischen Wärmen der Gase zu bestimmen, indem man bei adiabatischer Ausdehnung Anfangs- und Enddruck, Anfangs- und Endtemperatur misst. Es wurde die bolometrische Methode benützt und die Temperatur des durch Expansion abgekühlten Gases aus der Widerstandsänderung eines 0,6 μ dünnen Platinstreifens von 10 cm Länge und etwa 80 Ohm Widerstand gemessen. Der schädliche Einfluss der Wandstrahlung wurde experimentell bestimmt. Es wurde erhalten für Luft 1,4015, Sauerstoff 1,3962, Kohlensäure 1,2061 und Wasserstoff 1,4084.

In dem nun folgenden Vortrage von Herrn Hagenbach „Über merkwürdige Funkenentladungen bei Leydener Flaschen“ zeigte der Vortragende, dass hierbei analoge Erscheinungen auftreten, wie sie beim Wasseraspirator vorkommen. In der Diskussion bemerkte Herr Wächter, dass die von Hagenbach angegebenen Erscheinungen in der Elektrotechnik zur Zündung auf elektrischem Wege verwertet werden.

Es werden hierauf die an die Versuche von Du Bois-Reymond anschliessenden Demonstrationen von Herrn J. Kessler, betreffend „den menschlichen Körper als Elektricitätsquelle und Elektricitätsleiter“ vorgeführt. Ein Spiegelgalvanometer, dessen Enddrähte mit zwei Kupferelektrodengefässen verbunden sind, zeigt Ausschläge, wenn die Hände eines Menschen in die mit Kupfervitriollösung von gleicher Concentration gefüllten Gefässe getaucht werden. Das Wechseln der Hände in den Elektrodengefässen giebt einen entgegengesetzten Galvanometerausschlag. Dieser sogenannte „Eigenstrom“ Du Bois-Reymonds zeigt sich jedoch nicht immer, so dass nur von einem Maximum des Elektricitätsgrades im Betrage von etwa 1 % eines Daniells gesprochen werden kann. Der Widerstand des unversehrten Körpers wechselt zwischen 1000 bis 10000 Ohm je nach der Befeuchtung der Haut.

Den Schluss der Vorträge der physikalischen Sektion bildete die Berichterstattung des Herrn Neumayer aus Hamburg „über den Stand der erdmagnetischen Forschung“.

Prof. J. Kessler, Wien.

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.

Sitzung am 5. November 1894. Herr O. Ohmann beschreibt die Einrichtung und Herstellung der Bohrkronen und teilt mit, wie man solche für die Schulen am besten erwerben

kann. — Herr P. Szymański zeigt und beschreibt den Jaminschen Interferenzrefraktor, das Lummer-Brodhunsche Prisma zur Herstellung des idealen Fettflecks im Gleichheitsphotometer und das Rochonsche Prisma. — Derselbe legt ein Modell vor zur Erläuterung der Vorgänge bei der Betrachtung der Farben eines Krystallblättchens durch zwei Nicolsche Prismen. — Herr M. Koppe wendet eine von Herrn O. Reichel angegebene zeichnerische Behandlung der sphärischen Trigonometrie auf einige wichtige astronomische Aufgaben an.

Sitzung am 17. November 1894. Herr P. Szymański führte die wichtigsten Versuche von Elihu Thomson, Nicola Tesla und F. Himstedt über Ströme hoher Spannung und grosser Wechselzahl vor. Vgl. diese Zeitschr. *VIII*, *40*.

Sitzung am 3. Dezember 1894. Herr Th. Schwartze als Gast hielt einen Vortrag über das Zusammensetzungsprincip der lebendigen Kräfte.

Sitzung am 14. Januar 1895. Herr R. Heyden berichtete über die Schülerübungen, die er während der letzten $5^1/_2$ Jahre in der II O der Luisenstädtischen O. R. abgehalten hat. Er beschrieb eingehender die Einteilung der Schüler in Arbeitsgruppen, die Einrichtung des Arbeitsbuches, die Übungsaufgaben und -Apparate und die Auswertung der Beobachtungsergebnisse und hob den sehr günstigen Einfluss der Schülerübungen auf den übrigen Physikunterricht hervor; jedoch seien die damit verbundenen Anstrengungen für den Lehrer, welcher die Übungen leitet, recht bedeutend. — Derselbe zeigte die Bewegungen, welche schwimmende magnetische Nadeln und Solenoide ohne und mit Magnetkern ausführen, wenn auf sie ein Strom einwirkt, welcher durch eine wagerechte in das Wasser gelegte Spule hindurchgeht. — Derselbe wies nach, dass aufrecht schwimmende magnetisierte Nadeln sich in den Kraftlinien sowohl um wagrechte als lotrechte, von Elektricität durchflossene Drähte bewegen. — Herr P. Szymański zeigte, wie man auf Grund eines Versuches, der in dem Buche von G. Kopp über Dynamomaschinen beschrieben ist, das Biot-Savartsche Gesetz in einfacher Weise ableiten kann. — Herr R. Heyden führte die Erscheinungen farbiger Schatten mittels Glühlampen vor, die mit Spiegeln versehen und deren Glashüllen gefärbt waren. — Herr R. Heyne machte Mitteilungen über die beabsichtige Gründung eines Vereins zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Wien.

Sitzung am 27. Januar 1895. Besichtigung der zweiten Abteilung der technischen Reichsanstalt.

Sitzung am 11. Februar 1895. Herr K. Strecker beschrieb die Einrichtung, die Aufstellung und Handhabung einer Drehwage für absolute magnetische Messungen. Nachdem er die Formeln, nach denen die Beobachtungsergebnisse ausgerechnet werden, abgeleitet hatte, führte er eine Messung aus. — Derselbe führte eine einfache Vorrichtung vor, die gestattet, die Wärmeleitungsfähigkeiten von Metallen mit einander zu vergleichen. Derselbe berichtete über die Versuche von Preece, Rathenau und Rubens über das Telegraphieren ohne Draht (Vgl. diese Zeitschr. *VII*, *255*).

Mitteilungen aus Werkstätten.

Apparat für Skalenablesung durch Projicieren (Lampenablesung an Spiegelinstrumenten).

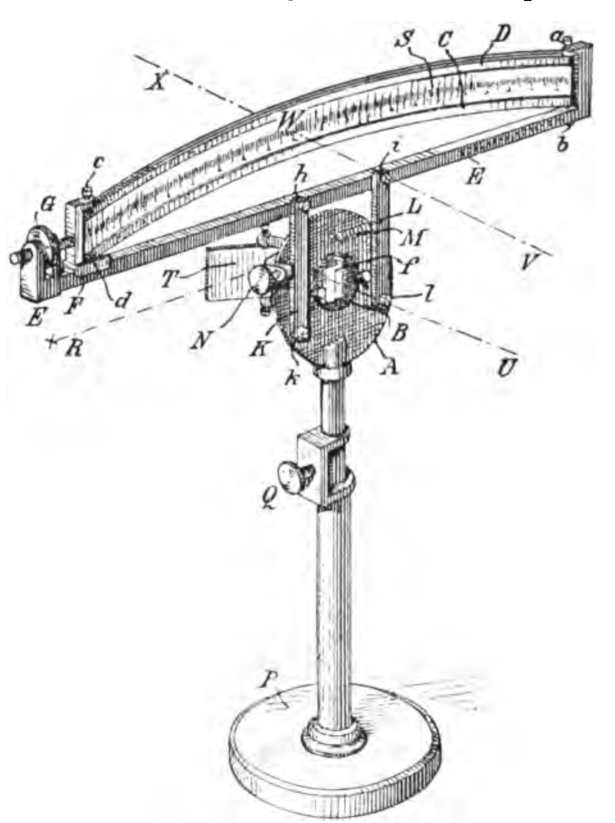
Aus dem Physikalisch-mechanischen Institut von Dr. M. Th. Edelmann in München.

Eine Messingscheibe A von 120 mm Durchmesser trägt in ihrer Mitte (drehbar wegen Verticalstellens vom Faden f) ein Diaphragma B, über dessen rechteckiger Öffnung sich ein dünner Draht f spannt; von diesem Draht projiciert sich auf die Skala S vermittelst Spiegelung ein Bild und man sieht einen schwarzen Strich auf hellem Grunde als Ablesemarke.

Die Skala S ist in mattgeschliffenes, durchsichtiges Celluloid graviert und an ihrem oberen und unteren Rand noch durch Celluloidstreifen CD versteift. Sie wird von dem Metallrahmen E getragen, wo sie am einen Ende zwischen zwei Kernerschrauben ab gefasst wird. Auf der anderen Seite ergreifen sie ebenso die Kernerschrauben cd; diese sitzen jedoch in einem Schlitten F, der vermittelst der Schraubenmutter G entlang des Rahmens E vor- und zurückbewegt werden kann. Durch diese einfache Einrichtung kann man die Skala gerade spannen; man kann sie aber auch durch Nähern der Drehpunkte cd an ab erforderlichen Falles in jede beliebige Kreisform biegen, was bei der Lampenablesung ungleich häufiger erforderlich wird, als bei der Fernrohrablesung.

Die Schrauben h, i, k, l bilden die Drehpunkte für eine Parallelogrammführung, es drehen sich nämlich die beiden gleich langen Hebel K, L einerseits oben am Skalenträger E andererseits

unten an der Scheibe *A*. Die Spiralfeder *M*, welche am Hebel *L* angreift, drückt den Hebel *K* beständig gegen die Korrektionsschraube *N*, durch deren Drehung man also die Skala parallel zu sich selbst verschieben und mikrometrisch auf die Ablesemarke einstellen kann. Die grobe Einstellung geschieht durch Verschieben des Fusses *P* und durch Hoch- oder Niedrigstellen in *Q*.



Der Gang des Lichtstrahles ist durch die strichpunktierten Linien angegeben. Das Licht kommt aus einer seitwärts bei *R* aufgestellten Lampe (mit parobolischem Reflektor, hierfür eigens konstruiert und für Gas, Petroleum oder Elektricität eingerichtet); von der Lampe aus gelangt das Licht auf einen ebenen Spiegel *T*, welcher universal drehbar auf der Rückseite der Scheibe *A* befestigt ist, und geht nun durch das Diaphragma *B* den Weg *TU* zum Drehspiegel z. B. des Galvanometers. Dieser Spiegel ist entweder ein Hohlspiegel, oder, wenn eben, mit vorgesetzter Projektionslinse ausgerüstet, wie bei dem Vorlesungs-Galvanometer (d. Zeitschr. *VIII 116*). Diese Projektionslinse kann man an Stelle des Planparallelglases in die Spiegelkapsel einschrauben und werden zu diesem Zwecke Linsen von 0,5, 1 und 1,5 m Brennweite verwendet und in Vorrat gehalten. An irgend einem Ort der Skala z. B. in *W* fällt nun der vom Drehspiegel zurückkehrende Lichtstrahl *VW* auf, und der hinter der Skala in *X* befindliche Beobachter kann auch bei nicht verdunkeltem Zimmer den Gang der Lichtmarke auf der Skala scharf beobachten.

Correspondenz.

Zur Abwehr. Herr Dr. Edmund Hoppe hat, nachdem er bereits in dieser Zeitschrift *VIII 117* Bemerkungen gegen die von Herrn Dr. E. Maiss herrührende Kritik seines Lehrbuches veröffentlicht hat, in einem von ihm versendeten Flugblatte nochmals Herrn Dr. Maiss sowie auch die Redaktion der Zeitschrift aufs heftigste angegriffen. Diese Angriffe, die sich durch ihre Maasslosigkeit selber richten, könnten unbeachtet bleiben, wenn nicht Herr H. auch meine Correspondenz mit ihm vor die Öffentlichkeit gezogen und mich in Gegensatz zu dem Herrn Rezensenten zu bringen versucht hätte. Er behauptet, ich habe ihm „mein Bedauern ausgesprochen, dass in meiner Abwesenheit diese Kritik erschienen sei". Nachdem die Briefstellen, auf die sich Herr H. bezieht, unbefangenen Beurteilern vorgelegen haben, gebe ich im Einvernehmen mit diesen die Erklärung ab, dass jene Behauptung des Herrn H. völlig unbegründet ist. Dieser Thatbestand entspricht durchaus dem Verfahren, das Herr H. auch sonst in der vorliegenden Polemik eingeschlagen hat. Da ferner Herr H. nunmehr auch seine früheren ‚Bemerkungen' ohne die von der Redaktion vorgenommenen Kürzungen veröffentlicht hat, so wird sich jeder, der sich die Mühe nehmen will, leicht überzeugen können, dass die Kürzungen der Redaktion fast durchweg nur im Interesse des guten Tones erfolgt sind, und dass Herrn H. keine seiner sachlichen Einwendungen beeinträchtigt worden ist.

Der Herr Rezensent, der sich seiner undankbaren Aufgabe mit Gründlichkeit unterzogen hat, bedarf des Schutzes der Redaktion nicht, die nur der Sache zu dienen glaubt, wenn sie sich durch Vorkommnisse dieser Art nicht abhalten lässt, neue Lehrbücher auch in Zukunft einer ausführlichen und gewissenhaften Kritik zu unterwerfen. *F. Poske.*

Himmelserscheinungen im Mai und Juni 1895.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♁ Erde, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☌ Conjunktion, □ Quadratur, ☍ Opposition.

	Mai							Juni						
Monatstag	1	6	11	16	21	26	31	5	10	15	20	25	30	
Helio-centrische Längen.	24°	54	84	115	142	166	186	204	220	235	249	262	277	☿
	131	139	147	155	164	172	180	188	196	204	212	220	228	♀
	221	226	230	235	240	245	250	254	259	264	269	274	278	♁
	126	128	130	133	135	137	139	141	143	146	148	150	152	♂
	102	102	103	103	104	104	105	105	106	106	106	107	107	♃
	214	214	214	214	215	215	215	215	216	216	216	216	216	♄
Aufst. Knoten.	349°	349	349	349	348	348	348	348	347	347	347	347	346	☾
Mittl. Länge.	124	190	256	321	28	94	159	225	281	357	63	129	195	☾
Geo-centrische Recta-scensionen.	125°	191	260	325	20	90	163	76	297	354	53	132	197	☾
	35	45	56	66	77	86	93	99	103	105	105	104	101	☿
	75	81	88	94	101	107	113	119	125	131	136	141	146	♀
	38	43	48	53	58	63	68	73	78	84	89	94	99	☉
	96	99	103	106	109	112	116	119	122	126	129	131	135	♂
	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	105	106	107	♃
	212	212	211	211	211	210	210	210	210	210	209	209	209	♄
Geo-centrische Dekli-nationen.	+24°	− 7	−28	−16	+11	+28	+ 8	−22	−25	− 2	+24	+21	−10	☾
	+13	+17	+21	+24	+25	+26	+25	+25	+23	+22	+21	+20	+19	☿
	+24	+25	+25	+26	+25	+25	+24	+23	+22	+20	+19	+17	+15	♀
	+15	+17	+18	+19	+20	+21	+22	+23	+23	+23	+23	+23	+23	☉
	+25	+25	+24	+24	+24	+23	+23	+22	+21	+21	+20	+19	+18	♂
	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	♃
	−10	−10	−10	−10	−10	−10	−10	− 9	− 9	− 9	− 9	− 9	− 9	♄
Aufgang.	16^h29^m	16.20	16.11	16.3	15.56	15.50	15.46	15.42	15.40	15.39	15.39	15.40	15.43	☉
	22^h48^m	4.41	11.33	13.45	14.33	17.38	23.33*	6.43	11.19	12.19	13.36	19.47	1.38	☾
Untergang.	7^h24^m	7.32	7.40	7.48	7.56	8.3	8.9	8.14	8.19	8.22	8.24	8.24	8.24	☉
	14^h13^m	15.17	17.40	23.44	4.38	11.6	13.3	14.14	18.57	1.3**	6.22	10.41	11.44	☾
Zeitglchg.	-3^m0^s	−3.31	−3.48	−3.51	−3.39	−3.13	−2.36	−1.15	−0.53	+0.9	+1.37	+2.19	+3.21	☉

* Bezieht sich auf den vorhergehenden Tag, ** auf den folgenden Tag.

Daten für die Mondbewegung (in Berliner Zeit):

Mai 1 $16^h 37,^m7$ Erstes Viertel
„ 3 23 Mond in Erdnähe
„ 8 12 52,6 Vollmond
„ 16 6 37,6 Letztes Viertel
„ 16 9 Mond in Erdferne
„ 24 1 39,8 Neumond
„ 28 23 Mond in Erdnähe
„ 30 21 42,1 Erstes Viertel

Juni 6 $23^h 53,^m7$ Vollmond
„ 13 4 Mond in Erdferne
„ 15 0 21,3 Letztes Viertel
„ 22 10 44,5 Neumond.
„ 25 1 Mond in Erdnähe
„ 29 2 54,4 Erstes Viertel

Constellationen. Mai: 4 13^h ☿ obere ☌ ☉, wird Abendstern; 7 15^h ♄ ☌ ☾; 9 15^h ☿ in Sonnennähe; 18 5^h ♀ ☌ ♃, ♀ 2° 5′ nördlicher; 25 17^h ☿ ☌ ☾; 26 14^h ♄ ☌ ☾; 27 4^h ♀ ☌ ☾; 27 12^h ♂ ☌ ☾. — Juni: 3 19^h ♄ ☌ ☾; 4 11^h ☿ in grösster östlicher Ausweichung; 4 23^h ♀ ☌ ♂, ♀ 0° 58′ nördlicher; 8 5^h ☿ ☌ ♃, ☿ 0° 47′ nördlicher; 21 6^h ☉ im Krebs, Sommersonnenwende; 21 14^h ☿ ☌ ♃, ☿ 2° 34′ südlicher; 22 15^h ☿ in Sonnenferne; 23 6^h ☿ ☌ ☾; 23 8^h ♃ ☌ ☾; 25 0^h ♂ ☌ ☾; 25 17^h ♀ ☌ ☾; 26 8^h α *Leonis* ☌ ☾; 30 5^h α *Virginis* ☌ ☾; alle drei hellen Sterne ♀, Regulus, Spica werden bedeckt; 30 23^h ♄ ☌ ☾.

Meteore und veränderliche Sterne. Vom 18. Mai bis 26. Juli dauert die Dämmerung die ganze Nacht hindurch. (Nördlich von Berlin ist die Periode etwas länger, südlich etwas kürzer.) Die Beobachtung der Meteore und veränderlichen Sterne ist während dieser hellen Nächte sehr erschwert; am 26. und 27. Mai kommen die Meteore etwas zahlreicher. Von hellen Veränderlichen sind β und *R Lyrae*, η *Aquilae*, δ und μ *Cephei* zu beobachten.

J. Plassmann, Warendorf.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Otto Lange in Berlin C.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

VIII. Jahrgang. **Fünftes Heft.** Juni 1895.

Farbenmäntel als Ersatz der Farbenscheiben.

Von
Bruno Kolbe in St. Petersburg.

Die Demonstration der Mischfarben vermittelst der Farbenscheiben ist — selbst bei Anwendung der von einem Uhrwerke getriebenen Apparate — umständlich und zeitraubend, da zur Erzeugung einer neuen Mischfarbe die Farbenscheiben angehalten und verstellt werden müssen. Gilt es gar eine bestimmte Mischfarbe (z. B. den Farbenton einer Blume) zu treffen, so kann der Versuch lange währen; und wenn sich unterdessen die Beleuchtung ändert, was bei Tageslicht meist der Fall ist, so stimmt die Probe nie. Diese Übelstände bewogen mich, zu einer Zeit, wo ich mit der quantitativen Prüfung des Farbensinnes beschäftigt war, einen passenden Ersatz für die Maxwellschen Farbenscheiben zu suchen. Das gelang mir in einfachster Weise, als ich rotierende Cylinder (genauer: schwach sich verjüngende Kegelstumpfe) anwandte, auf welche ich entsprechende Farbenmäntel setzte. Mein „Farbenmesser“ („Chromatometer“), der sich in der Folge als sehr bequem zur schnellen quantitativen Prüfung des Farbensinnes erwies, war ursprünglich zu diesem Zweck als besonderer Apparat mit zwei dicht nebeneinander rotierenden Cylindern construiert[1]), kann aber auch jeder Schwungmaschine angepasst werden und zur Demonstration der Mischfarben dienen.

Die rotierenden Farbencylinder[2]) haben vor den Farbenscheiben folgende Vorzüge: Die Farbenübergänge sind vollkommen gleichmässig und von überraschender Schönheit, besonders bei vollem Tageslicht oder bei elektrischem oder Magnesium-Licht; auch kann man mit einem Blick alle überhaupt möglichen Mischfarben zweier Componenten übersehen und durch passende Schieber in wenigen Sekunden jede Mischfarbe isolieren und während der Rotation des Farbenmantels den Procentsatz der Componenten ablesen. Dabei sind die verikal stehenden Cylinder in allen Azimuten gut sichtbar, was bei Demonstrationen sehr bequem ist.

Für Schulzwecke genügt es, einen Holzcylinder (*A* Fig. 1) von 200 mm Höhe (oberer Durchmesser 40 mm, unterer 44 mm), der auf einem in die Dille der Schwungmaschine passenden eisernen Dorn abgedreht ist, zu benutzen, auf den

---

[1]) Beschrieben und abgebildet in: B. Kolbe, *Geometrische Darstellung der Farbenblindheit. 1881 (St. Petersburg, Oskar Kranz; Leipzig, P. Steinacker) S. 61.* — B. Kolbe, *Zur Analyse der Pigmentfarben (v. Graefe's Archiv f. Ophthalmologie 1884, XXX, 2, S. 35).*

[2]) Herr Prof. E. Mach in Prag hat zuerst rotierende Cylindermäntel, und zwar für Contrastversuche, angewandt. Hiervon erfuhr ich erst nach Veröffentlichung cit. Arbeit, da der Titel der Machschen Schrift: *„Über räumliche Verteilung des Lichtreizes“ (Sitzb. d. Wiener Acad., Bd. 52, vom 3. October 1865 und Bd. 54 vom 7. Juni 1866)* nicht die Beschreibung eines solchen Apparates vermuten liess. — Wie mir Herr Prof. Mach brieflich mitteilte, hat er später die Farbencylinder auch bei physikal. Demonstrationen benutzt. Neu ist demnach an meinem Apparat der Schirm mit dem Schieber und der Procent-Skala, die ihn zur Herstellung der Farbengleichungen und zur Prüfung des Farbensinnes geeignet macht.

Himmelserscheinungen im Mai und Juni 1895.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♁ Erde, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☌ Conjunktion, □ Quadratur, ☍ Opposition.

	Mai							Juni						
Monatstag	1	6	11	16	21	26	31	5	10	15	20	25	30	
Helio-centrische Längen.	24°	54	84	115	142	166	186	204	220	235	249	262	277	☿
	131	139	147	155	164	172	180	188	196	204	212	220	228	♀
	221	226	230	235	240	245	250	254	259	264	269	274	278	♁
	126	128	130	133	135	137	139	141	143	146	148	150	152	♂
	102	102	103	103	104	104	105	105	106	106	106	107	107	♃
	214	214	214	214	215	215	215	215	216	216	216	216	216	♄
Aufst. Knoten.	349°	349	349	349	348	348	348	348	347	347	347	347	346	☾
Mittl. Länge.	124	190	256	321	28	94	159	225	281	357	63	129	195	☾
Geo-centrische Recta-scensionen.	125°	191	260	325	20	90	163	76	297	354	53	132	197	☾
	35	45	56	66	77	86	93	99	103	105	105	104	101	☿
	75	81	88	94	101	107	113	119	125	131	136	141	146	♀
	38	43	48	53	58	63	68	73	78	84	89	94	99	☉
	96	99	103	106	109	112	116	119	122	126	129	131	135	♂
	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	105	106	107	♃
	212	212	211	211	211	210	210	210	210	210	209	209	209	♄
Geo-centrische Dekli-nationen.	+24°	−7	−28	−16	+11	+28	+8	−22	−25	−2	+24	+21	−10	☾
	+13	+17	+21	+24	+25	+26	+25	+25	+23	+22	+21	+20	+19	☿
	+24	+25	+25	+26	+25	+25	+24	+23	+22	+20	+19	+17	+15	♀
	+15	+17	+18	+19	+20	+21	+22	+23	+23	+23	+23	+23	+23	☉
	+25	+25	+24	+24	+24	+23	+23	+22	+21	+21	+20	+19	+18	♂
	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	♃
	−10	−10	−10	−10	−10	−10	−10	−9	−9	−9	−9	−9	−9	♄
Aufgang.	16^h29^m	16.20	16.11	16.3	15.56	15.50	15.46	15.42	15.40	15.39	15.39	15.40	15.43	☉
	22^h48^m	4.41	11.33	13.45	14.33	17.38	23.33*	6.48	11.19	12.19	13.36	19.47	1.38	☾
Untergang.	7^h24^m	7.32	7.40	7.48	7.56	8.3	8.9	8.14	8.19	8.22	8.24	8.24	8.24	☉
	14^h13^m	15.17	17.40	23.44	4.38	11.6	13.3	14.14	18.57	1.3**	6.22	10.41	11.44	☾
Zeitglchg.	-3^m0^s	−3.31	−3.48	−3.51	−3.39	−3.13	−2.36	−1.15	−0.53	+0.9	+1.37	+2.19	+3.21	☉

* Bezieht sich auf den vorhergehenden Tag, ** auf den folgenden Tag.

Daten für die Mondbewegung (in Berliner Zeit):

Mai 1	$16^h 37,^m7$	Erstes Viertel	
„ 3	23	Mond in Erdnähe	
„ 8	12 52,6	Vollmond	
„ 16	6 37,6	Letztes Viertel	
„ 16	9	Mond in Erdferne	
„ 24	1 39,8	Neumond	
„ 28	23	Mond in Erdnähe	
„ 30	21 42,1	Erstes Viertel	
Juni 6	$23^h 53,^m7$	Vollmond	
„ 13	4	Mond in Erdferne	
„ 15	0 21,3	Letztes Viertel	
„ 22	10 44,5	Neumond.	
„ 25	1	Mond in Erdnähe	
„ 29	2 54,4	Erstes Viertel	

Constellationen. Mai: 4 13^h ☿ obere ☌ ☉, wird Abendstern; 7 15^h ♄ ☌ ☾; 9 15^h ☿ in Sonnennähe; 18 5^h ♀ ☌ ♃, ♀ 2° 5′ nördlicher; 25 17^h ☿ ☌ ☾; 26 14^h ♄ ☌ ☾; 27 4^h ♀ ☌ ☾; 27 12^h ♂ ☌ ☾. — Juni: 3 19^h ♄ ☌ ☾; 4 11^h ☿ in grösster östlicher Ausweichung; 4 23^h ♀ ☌ ♂, ♀ 0° 58′ nördlicher; 8 5^h ☿ ☌ ♃, ☿ 0° 47′ nördlicher; 21 6^h ☉ im Krebs, Sommersonnenwende; 21 14^h ☿ ☌ ♃, ☿ 2° 34′ südlicher; 22 15^h ☿ in Sonnenferne; 23 6^h ☿ ☌ ☾; 23 8^h ♃ ☌ ☾; 25 0^h ♂ ☌ ☾; 25 17^h ♀ ☌ ☾; 26 8^h α *Leonis* ☌ ☾; 30 5^h α *Virginis* ☌ ☾; alle drei hellen Sterne ♀, Regulus, Spica werden bedeckt; 30 23^h ♄ ☌ ☾.

Meteore und veränderliche Sterne. Vom 18. Mai bis 26. Juli dauert die Dämmerung die ganze Nacht hindurch. (Nördlich von Berlin ist die Periode etwas länger, südlich etwas kürzer.) Die Beobachtung der Meteore und veränderlichen Sterne ist während dieser hellen Nächte sehr erschwert; am 26. und 27. Mai kommen die Meteore etwas zahlreicher. Von hellen Veränderlichen sind β und *R Lyrae*, η *Aquilae*, δ und μ *Cephei* zu beobachten.

J. Plassmann, *Warendorf.*

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Otto Lange in Berlin C.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

VIII. Jahrgang. **Fünftes Heft.** Juni 1895.

Farbenmäntel als Ersatz der Farbenscheiben.

Von

Bruno Kolbe in St. Petersburg.

Die Demonstration der Mischfarben vermittelst der Farbenscheiben ist — selbst bei Anwendung der von einem Uhrwerke getriebenen Apparate — umständlich und zeitraubend, da zur Erzeugung einer neuen Mischfarbe die Farbenscheiben angehalten und verstellt werden müssen. Gilt es gar eine bestimmte Mischfarbe (z. B. den Farbenton einer Blume) zu treffen, so kann der Versuch lange währen; und wenn sich unterdessen die Beleuchtung ändert, was bei Tageslicht meist der Fall ist, so stimmt die Probe nie. Diese Übelstände bewogen mich, zu einer Zeit, wo ich mit der quantitativen Prüfung des Farbensinnes beschäftigt war, einen passenden Ersatz für die Maxwellschen Farbenscheiben zu suchen. Das gelang mir in einfachster Weise, als ich rotierende Cylinder (genauer: schwach sich verjüngende Kegelstumpfe) anwandte, auf welche ich entsprechende Farbenmäntel setzte. Mein „Farbenmesser" („Chromatometer"), der sich in der Folge als sehr bequem zur schnellen quantitativen Prüfung des Farbensinnes erwies, war ursprünglich zu diesem Zweck als besonderer Apparat mit zwei dicht nebeneinander rotierenden Cylindern construiert[1]), kann aber auch jeder Schwungmaschine angepasst werden und zur Demonstration der Mischfarben dienen.

Die rotierenden Farbencylinder[2]) haben vor den Farbenscheiben folgende Vorzüge: Die Farbenübergänge sind vollkommen gleichmässig und von überraschender Schönheit, besonders bei vollem Tageslicht oder bei elektrischem oder Magnesium-Licht; auch kann man mit einem Blick alle überhaupt möglichen Mischfarben zweier Componenten übersehen und durch passende Schieber in wenigen Sekunden jede Mischfarbe isolieren und während der Rotation des Farbenmantels den Procentsatz der Componenten ablesen. Dabei sind die verikal stehenden Cylinder in allen Azimuten gut sichtbar, was bei Demonstrationen sehr bequem ist.

Für Schulzwecke genügt es, einen Holzcylinder (*A* Fig. 1) von 200 mm Höhe (oberer Durchmesser 40 mm, unterer 44 mm), der auf einem in die Dille der Schwungmaschine passenden eisernen Dorn abgedreht ist, zu benutzen, auf den

---

[1]) Beschrieben und abgebildet in: B. Kolbe, *Geometrische Darstellung der Farbenblindheit. 1881* (*St. Petersburg*, *Oskar Kranz; Leipzig*, *P. Steinacker) S. 61.* — B. Kolbe, *Zur Analyse der Pigmentfarben (v. Graefe's Archiv f. Ophthalmologie 1884*, *XXX*, *2*, *S. 35).*

[2]) Herr Prof. E. Mach in Prag hat zuerst rotierende Cylindermäntel, und zwar für Contrastversuche, angewandt. Hiervon erfuhr ich erst nach Veröffentlichung cit. Arbeit, da der Titel der Machschen Schrift: *„Über räumliche Verteilung des Lichtreizes" (Sitzb. d. Wiener Acad.*, *Bd. 52*, *vom 3. October 1865 und Bd. 54 vom 7. Juni 1866)* nicht die Beschreibung eines solchen Apparates vermuten liess. — Wie mir Herr Prof. Mach brieflich mitteilte, hat er später die Farbencylinder auch bei physikal. Demonstrationen benutzt. Neu ist demnach an meinem Apparat der Schirm mit dem Schieber und der Procent-Skala, die ihn zur Herstellung der Farbengleichungen und zur Prüfung des Farbensinnes geeignet macht.

Himmelserscheinungen im Mai und Juni 1895.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♁ Erde, ☉ Sonne, ♂ Mars,
♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☌ Conjunktion, □ Quadratur, ☍ Opposition.

	Mai							Juni						
Monatstag	1	6	11	16	21	26	31	5	10	15	20	25	30	
Helio-centrische Längen.	24°	54	84	115	142	166	186	204	220	235	249	262	277	☿
	131	139	147	155	164	172	180	188	196	204	212	220	228	♀
	221	226	230	235	240	245	250	254	259	264	269	274	278	♁
	126	128	130	133	135	137	139	141	143	146	148	150	152	♂
	102	102	103	103	104	104	105	105	106	106	106	107	107	♃
	214	214	214	214	215	215	215	215	216	216	216	216	216	♄
Aufst. Knoten.	349°	349	349	349	348	348	348	348	347	347	347	347	346	☾
Mittl. Länge.	124	190	256	321	28	94	159	225	281	357	63	129	195	☾
Geo-centrische Recta-scensionen.	125°	191	260	325	20	90	163	76	297	354	53	132	197	☾
	35	45	56	66	77	86	93	99	103	105	105	104	101	☿
	75	81	88	94	101	107	113	119	125	131	136	141	146	♀
	38	43	48	53	58	63	68	73	78	84	89	94	99	☉
	96	99	103	106	109	112	116	119	122	126	129	131	135	♂
	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	105	106	107	♃
	212	212	211	211	211	210	210	210	210	210	209	209	209	♄
Geo-centrische Dekli-nationen.	+24°	− 7	−28	−16	+11	+28	+ 8	−22	−25	− 2	+24	+21	−10	☾
	+13	+17	+21	+24	+25	+26	+25	+25	+23	+22	+21	+20	+19	☿
	+24	+25	+25	+26	+25	+25	+24	+23	+22	+20	+19	+17	+15	♀
	+15	+17	+18	+19	+20	+21	+22	+23	+23	+23	+23	+23	+23	☉
	+25	+25	+24	+24	+24	+23	+23	+22	+21	+21	+20	+19	+18	♂
	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	♃
	−10	−10	−10	−10	−10	−10	−10	− 9	− 9	− 9	− 9	− 9	− 9	♄
Aufgang.	16h29m	16.20	16.11	16.3	15.56	15.50	15.46	15.42	15.40	15.39	15.39	15.40	15.43	☉
	22h48m	4.41	11.33	13.45	14.33	17.38	23.33*	6.43	11.19	12.19	13.36	19.47	1.38	☾
Untergang.	7h24m	7.32	7.40	7.48	7.56	8.3	8.9	8.14	8.19	8.22	8.24	8.24	8.24	☉
	14h13m	15.17	17.40	23.44	4.38	11.6	13.3	14.14	18.57	1.3**	6.22	10.41	11.44	☾
Zeitglchg.	−3m0s	−3.31	−3.48	−3.51	−3.39	−3.13	−2.36	−1.15	−0.53	+0.9	+1.37	+2.19	+3.21	☉

* Bezieht sich auf den vorhergehenden Tag, ** auf den folgenden Tag.

Daten für die Mondbewegung (in Berliner Zeit):

Mai	1	16h 37,m7	Erstes Viertel
„	3	23	Mond in Erdnähe
„	8	12 52,6	Vollmond
„	16	6 37,6	Letztes Viertel
„	16	9	Mond in Erdferne
„	24	1 39,8	Neumond
„	28	23	Mond in Erdnähe
„	30	21 42,1	Erstes Viertel
Juni	6	23h 53,m7	Vollmond
„	13	4	Mond in Erdferne
„	15	0 21,3	Letztes Viertel
„	22	10 44,5	Neumond.
„	25	1	Mond in Erdnähe
„	29	2 54,4	Erstes Viertel

Constellationen. Mai: 4 13h ☿ obere ☌ ☉, wird Abendstern; 7 15h ♄ ☌ ☾; 9 15h ☿ in Sonnennähe; 18 5h ♀ ☌ ♃, ♀ 2° 5′ nördlicher; 25 17h ☿ ☌ ☾; 26 14h ♄ ☌ ☾; 27 4h ♀ ☌ ☾; 27 12h ♂ ☌ ☾. — Juni: 3 19h ♄ ☌ ☾; 4 11h ☿ in grösster östlicher Ausweichung; 4 23h ♀ ☌ ♂, ♀ 0° 58′ nördlicher; 8 5h ☿ ☌ ♃, ☿ 0° 47′ nördlicher; 21 6h ☉ im Krebs, Sommersonnenwende; 21 14h ☿ ☌ ♃, ☿ 2° 34′ südlicher; 22 15h ☿ in Sonnenferne; 23 6h ☿ ☌ ☾; 23 8h ♃ ☌ ☾; 25 0h ♂ ☌ ☾; 25 17h ♀ ☌ ☾; 26 8h *α Leonis* ☌ ☾; 30 5h *α Virginis* ☌ ☾; alle drei hellen Sterne ♀, Regulus, Spica werden bedeckt; 30 23h ♄ ☌ ☾.

Meteore und veränderliche Sterne. Vom 18. Mai bis 26. Juli dauert die Dämmerung die ganze Nacht hindurch. (Nördlich von Berlin ist die Periode etwas länger, südlich etwas kürzer.) Die Beobachtung der Meteore und veränderlichen Sterne ist während dieser hellen Nächte sehr erschwert; am 26. und 27. Mai kommen die Meteore etwas zahlreicher. Von hellen Veränderlichen sind β und *R Lyrae*, *η Aquilae*, δ und *μ Cephei* zu beobachten.

J. Plassmann, *Warendorf.*

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Otto Lange in Berlin C.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

VIII. Jahrgang. **Fünftes Heft.** Juni 1895.

Farbenmäntel als Ersatz der Farbenscheiben.

Von

Bruno Kolbe in St. Petersburg.

Die Demonstration der Mischfarben vermittelst der Farbenscheiben ist — selbst bei Anwendung der von einem Uhrwerke getriebenen Apparate — umständlich und zeitraubend, da zur Erzeugung einer neuen Mischfarbe die Farbenscheiben angehalten und verstellt werden müssen. Gilt es gar eine bestimmte Mischfarbe (z. B. den Farbenton einer Blume) zu treffen, so kann der Versuch lange währen; und wenn sich unterdessen die Beleuchtung ändert, was bei Tageslicht meist der Fall ist, so stimmt die Probe nie. Diese Übelstände bewogen mich, zu einer Zeit, wo ich mit der quantitativen Prüfung des Farbensinnes beschäftigt war, einen passenden Ersatz für die Maxwellschen Farbenscheiben zu suchen. Das gelang mir in einfachster Weise, als ich rotierende Cylinder (genauer: schwach sich verjüngende Kegelstumpfe) anwandte, auf welche ich entsprechende Farbenmäntel setzte. Mein „Farbenmesser" („Chromatometer"), der sich in der Folge als sehr bequem zur schnellen quantitativen Prüfung des Farbensinnes erwies, war ursprünglich zu diesem Zweck als besonderer Apparat mit zwei dicht nebeneinander rotierenden Cylindern construiert[1]), kann aber auch jeder Schwungmaschine angepasst werden und zur Demonstration der Mischfarben dienen.

Die rotierenden Farbencylinder[2]) haben vor den Farbenscheiben folgende Vorzüge: Die Farbenübergänge sind vollkommen gleichmässig und von überraschender Schönheit, besonders bei vollem Tageslicht oder bei elektrischem oder Magnesium-Licht; auch kann man mit einem Blick alle überhaupt möglichen Mischfarben zweier Componenten übersehen und durch passende Schieber in wenigen Sekunden jede Mischfarbe isolieren und während der Rotation des Farbenmantels den Procentsatz der Componenten ablesen. Dabei sind die verikal stehenden Cylinder in allen Azimuten gut sichtbar, was bei Demonstrationen sehr bequem ist.

Für Schulzwecke genügt es, einen Holzcylinder (*A* Fig. 1) von 200 mm Höhe (oberer Durchmesser 40 mm, unterer 44 mm), der auf einem in die Dille der Schwungmaschine passenden eisernen Dorn abgedreht ist, zu benutzen, auf den

[1]) Beschrieben und abgebildet in: B. Kolbe, *Geometrische Darstellung der Farbenblindheit. 1881 (St. Petersburg, Oskar Kranz; Leipzig, P. Steinacker) S. 61.* — B. Kolbe, *Zur Analyse der Pigmentfarben (v. Graefe's Archiv f. Ophthalmologie 1884, XXX, 2, S. 35).*

[2]) Herr Prof. E. Mach in Prag hat zuerst rotierende Cylindermäntel, und zwar für Contrastversuche, angewandt. Hiervon erfuhr ich erst nach Veröffentlichung cit. Arbeit, da der Titel der Machschen Schrift: „*Über räumliche Verteilung des Lichtreizes*" *(Sitzb. d. Wiener Acad., Bd. 52, vom 3. October 1865 und Bd. 54 vom 7. Juni 1866)* nicht die Beschreibung eines solchen Apparates vermuten liess. — Wie mir Herr Prof. Mach brieflich mitteilte, hat er später die Farbencylinder auch bei physikal. Demonstrationen benutzt. Neu ist demnach an meinem Apparat der Schirm mit dem Schieber und der Procent-Skala, die ihn zur Herstellung der Farbengleichungen und zur Prüfung des Farbensinnes geeignet macht.

Himmelserscheinungen im Mai und Juni 1895.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♁ Erde, ☉ Sonne, ♂ Mars,
♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☌ Conjunktion, □ Quadratur, ☍ Opposition.

	Mai							Juni						
Monatstag	1	6	11	16	21	26	31	5	10	15	20	25	30	
Helio-centrische Längen.	24°	54	84	115	142	166	186	204	220	235	249	262	277	☿
	131	139	147	155	164	172	180	188	196	204	212	220	228	♀
	221	226	230	235	240	245	250	254	259	264	269	274	278	♁
	126	128	130	133	135	137	139	141	143	146	148	150	152	♂
	102	102	103	103	104	104	105	105	106	106	106	107	107	♃
	214	214	214	214	215	215	215	215	216	216	216	216	216	♄
Aufst. Knoten.	349°	349	349	349	348	348	348	348	347	347	347	347	346	☾
Mittl. Länge.	124	190	256	321	28	94	159	225	281	357	63	129	195	☾
Geo-centrische Recta-scensionen.	125°	191	260	325	20	90	163	76	297	354	53	132	197	☾
	35	45	56	66	77	86	93	99	103	105	105	104	101	☿
	75	81	88	94	101	107	113	119	125	131	136	141	146	♀
	38	43	48	53	58	63	68	73	78	84	89	94	99	☉
	96	99	103	106	109	112	116	119	122	126	129	131	135	♂
	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	105	106	107	♃
	212	212	211	211	211	210	210	210	210	210	209	209	209	♄
Geo-centrische Dekli-nationen.	+24°	−7	−28	−16	+11	+28	+8	−22	−25	−2	+24	+21	−10	☾
	+13	+17	+21	+24	+25	+26	+25	+25	+23	+22	+21	+20	+19	☿
	+24	+25	+25	+26	+25	+25	+24	+23	+22	+20	+19	+17	+15	♀
	+15	+17	+18	+19	+20	+21	+22	+23	+23	+23	+23	+23	+23	☉
	+25	+25	+24	+24	+24	+23	+23	+22	+21	+21	+20	+19	+18	♂
	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	♃
	−10	−10	−10	−10	−10	−10	−10	−9	−9	−9	−9	−9	−9	♄
Aufgang.	$16^h 29^m$	16.20	16.11	16.3	15.56	15.50	15.46	15.42	15.40	15.39	15.39	15.40	15.48	☉
	$22^h 48^m$	4.41	11.33	13.45	14.33	17.38	23.33*	6.43	11.19	12.19	13.36	19.47	1.38	☾
Untergang.	$7^h 24^m$	7.32	7.40	7.48	7.56	8.3	8.9	8.14	8.19	8.22	8.24	8.24	8.24	☉
	$14^h 13^m$	15.17	17.40	23.44	4.38	11.6	13.3	14.14	18.57	1.3**	6.22	10.41	11.44	☾
Zeitglchg.	$-3^m 0^s$	−3.31	−3.48	−3.51	−3.39	−3.13	−2.36	−1.15	−0.53	+0.9	+1.37	+2.19	+3.21	☉

* Bezieht sich auf den vorhergehenden Tag, ** auf den folgenden Tag.

Daten für die Mondbewegung (in Berliner Zeit):

Mai 1 $16^h 37,^m7$ Erstes Viertel
„ 3 23 Mond in Erdnähe
„ 8 12 52,6 Vollmond
„ 16 6 37,6 Letztes Viertel
„ 16 9 Mond in Erdferne
„ 24 1 39,8 Neumond
„ 28 23 Mond in Erdnähe
„ 30 21 42,1 Erstes Viertel

Juni 6 $23^h 53,^m7$ Vollmond
„ 13 4 Mond in Erdferne
„ 15 0 21,3 Letztes Viertel
„ 22 10 44,5 Neumond.
„ 25 1 Mond in Erdnähe
„ 29 2 54,4 Erstes Viertel

Constellationen. Mai: 4 13^h ☿ obere ☌ ☉, wird Abendstern; 7 15^h ♄ ☌ ☾; 9 15^h ☿ in Sonnennähe; 18 5^h ♀ ☌ ♃, ♀ 2° 5′ nördlicher; 25 17^h ☿ ☌ ☾; 26 14^h ♄ ☌ ☾; 27 4^h ♀ ☌ ☾; 27 12^h ♂ ☌ ☾. — Juni: 3 19^h ♄ ☌ ☾; 4 11^h ☿ in grösster östlicher Ausweichung; 4 23^h ♀ ☌ ♂, ♀ 0° 58′ nördlicher; 8 5^h ☿ ☌ ♃, ☿ 0° 47′ nördlicher; 21 6^h ☉ im Krebs, Sommersonnenwende; 21 14^h ☿ ☌ ♃, ☿ 2° 34′ südlicher; 22 15^h ☿ in Sonnenferne; 23 6^h ☿ ☌ ☾; 23 8^h ♃ ☌ ☾; 25 0^h ♂ ☌ ☾; 25 17^h ♀ ☌ ☾; 26 8^h α *Leonis* ☌ ☾; 30 5^h α *Virginis* ☌ ☾; alle drei hellen Sterne ♀, Regulus, Spica werden bedeckt; 30 23^h ♄ ☌ ☾.

Meteore und veränderliche Sterne. Vom 18. Mai bis 26. Juli dauert die Dämmerung die ganze Nacht hindurch. (Nördlich von Berlin ist die Periode etwas länger, südlich etwas kürzer.) Die Beobachtung der Meteore und veränderlichen Sterne ist während dieser hellen Nächte sehr erschwert; am 26. und 27. Mai kommen die Meteore etwas zahlreicher. Von hellen Veränderlichen sind β und *R Lyrae*, η *Aquilae*, δ und μ *Cephei* zu beobachten.

J. Plassmann, *Warendorf*.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Otto Lange in Berlin C.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

VIII. Jahrgang. **Fünftes Heft.** Juni 1895.

Farbenmäntel als Ersatz der Farbenscheiben.

Von
Bruno Kolbe in St. Petersburg.

Die Demonstration der Mischfarben vermittelst der Farbenscheiben ist — selbst bei Anwendung der von einem Uhrwerke getriebenen Apparate — umständlich und zeitraubend, da zur Erzeugung einer neuen Mischfarbe die Farbenscheiben angehalten und verstellt werden müssen. Gilt es gar eine bestimmte Mischfarbe (z. B. den Farbenton einer Blume) zu treffen, so kann der Versuch lange währen; und wenn sich unterdessen die Beleuchtung ändert, was bei Tageslicht meist der Fall ist, so stimmt die Probe nie. Diese Übelstände bewogen mich, zu einer Zeit, wo ich mit der quantitativen Prüfung des Farbensinnes beschäftigt war, einen passenden Ersatz für die Maxwellschen Farbenscheiben zu suchen. Das gelang mir in einfachster Weise, als ich rotierende Cylinder (genauer: schwach sich verjüngende Kegelstumpfe) anwandte, auf welche ich entsprechende Farbenmäntel setzte. Mein „Farbenmesser" („Chromatometer"), der sich in der Folge als sehr bequem zur schnellen quantitativen Prüfung des Farbensinnes erwies, war ursprünglich zu diesem Zweck als besonderer Apparat mit zwei dicht nebeneinander rotierenden Cylindern construiert[1]), kann aber auch jeder Schwungmaschine angepasst werden und zur Demonstration der Mischfarben dienen.

Die rotierenden Farbencylinder[2]) haben vor den Farbenscheiben folgende Vorzüge: Die Farbenübergänge sind vollkommen gleichmässig und von überraschender Schönheit, besonders bei vollem Tageslicht oder bei elektrischem oder Magnesium-Licht; auch kann man mit einem Blick alle überhaupt möglichen Mischfarben zweier Componenten übersehen und durch passende Schieber in wenigen Sekunden jede Mischfarbe isolieren und während der Rotation des Farbenmantels den Procentsatz der Componenten ablesen. Dabei sind die verikal stehenden Cylinder in allen Azimuten gut sichtbar, was bei Demonstrationen sehr bequem ist.

Für Schulzwecke genügt es, einen Holzcylinder (*A* Fig. 1) von 200 mm Höhe (oberer Durchmesser 40 mm, unterer 44 mm), der auf einem in die Dille der Schwungmaschine passenden eisernen Dorn abgedreht ist, zu benutzen, auf den

---

[1]) Beschrieben und abgebildet in: B. Kolbe, *Geometrische Darstellung der Farbenblindheit. 1881 (St. Petersburg, Oskar Kranz; Leipzig, P. Steinacker) S. 61.* — B. Kolbe, *Zur Analyse der Pigmentfarben (v. Graefe's Archiv f. Ophthalmologie 1884, XXX, 2, S. 35).*

[2]) Herr Prof. E. Mach in Prag hat zuerst rotierende Cylindermäntel, und zwar für Contrastversuche, angewandt. Hiervon erfuhr ich erst nach Veröffentlichung cit. Arbeit, da der Titel der Machschen Schrift: „*Über räumliche Verteilung des Lichtreizes*" *(Sitzb. d. Wiener Acad., Bd. 52, vom 3. October 1865 und Bd. 54 vom 7. Juni 1866)* nicht die Beschreibung eines solchen Apparates vermuten liess. — Wie mir Herr Prof. Mach brieflich mitteilte, hat er später die Farbencylinder auch bei physikal. Demonstrationen benutzt. Neu ist demnach an meinem Apparat der Schirm mit dem Schieber und der Procent-Skala, die ihn zur Herstellung der Farbengleichungen und zur Prüfung des Farbensinnes geeignet macht.

Himmelserscheinungen im Mai und Juni 1895.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♁ Erde, ☉ Sonne, ♂ Mars,
♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☌ Conjunktion, □ Quadratur, ☍ Opposition.

	Mai							Juni						
Monatstag	1	6	11	16	21	26	31	5	10	15	20	25	30	
Helio-centrische Längen.	24°	54	84	115	142	166	186	204	220	235	249	262	277	☿
	131	139	147	155	164	172	180	188	196	204	212	220	228	♀
	221	226	230	235	240	245	250	254	259	264	269	274	278	♁
	126	128	130	133	135	137	139	141	143	146	148	150	152	♂
	102	102	103	103	104	104	105	105	106	106	106	107	107	♃
	214	214	214	214	215	215	215	215	216	216	216	216	216	♄
Aufst. Knoten.	349°	349	349	349	348	348	348	348	347	347	347	347	346	☾
Mittl. Länge.	124	190	256	321	28	94	159	225	281	357	63	129	195	☾
Geo-centrische Recta-scensionen.	125°	191	260	325	20	90	163	76	297	354	53	132	197	☾
	35	45	56	66	77	86	93	99	103	105	105	104	101	☿
	75	81	88	94	101	107	113	119	125	131	136	141	146	♀
	38	43	48	53	58	63	68	73	78	84	89	94	99	☉
	96	99	103	106	109	112	116	119	122	126	129	131	135	♂
	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	105	106	107	♃
	212	212	211	211	211	210	210	210	210	210	209	209	209	♄
Geo-centrische Dekli-nationen.	+24°	−7	−28	−16	+11	+28	+8	−22	−25	−2	+24	+21	−10	☾
	+13	+17	+21	+24	+25	+26	+25	+25	+23	+22	+21	+20	+19	☿
	+24	+25	+25	+26	+25	+25	+24	+23	+22	+20	+19	+17	+15	♀
	+15	+17	+18	+19	+20	+21	+22	+23	+23	+23	+23	+23	+23	☉
	+25	+25	+24	+24	+24	+23	+23	+22	+21	+21	+20	+19	+18	♂
	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	♃
	−10	−10	−10	−10	−10	−10	−10	−9	−9	−9	−9	−9	−9	♄
Aufgang.	16^h29^m	16.20	16.11	16.3	15.56	15.50	15.46	15.42	15.40	15.39	15.39	15.40	15.43	☉
	22^h48^m	4.41	11.33	13.45	14.33	17.38	23.33*	6.48	11.19	12.19	13.36	19.47	1.38	☾
Untergang.	7^h24^m	7.32	7.40	7.48	7.56	8.3	8.9	8.14	8.19	8.22	8.24	8.24	8.24	☉
	14^h13^m	15.17	17.40	23.44	4.38	11.6	13.3	14.14	18.57	1.3**	6.22	10.41	11.44	☾
Zeitglchg.	-3^m0^s	−3.31	−3.48	−3.51	−3.39	−3.13	−2.36	−1.15	−0.53	+0.9	+1.37	+2.19	+3.21	☉

* Bezieht sich auf den vorhergehenden Tag, ** auf den folgenden Tag.

Daten für die Mondbewegung (in Berliner Zeit):

Mai	1	$16^h 37,^m7$	Erstes Viertel
„	3	23	Mond in Erdnähe
„	8	12 52,6	Vollmond
„	16	6 37,6	Letztes Viertel
„	16	9	Mond in Erdferne
„	24	1 39,8	Neumond
„	28	23	Mond in Erdnähe
„	30	21 42,1	Erstes Viertel
Juni	6	$23^h 53,^m7$	Vollmond
„	13	4	Mond in Erdferne
„	15	0 21,3	Letztes Viertel
„	22	10 44,5	Neumond.
„	25	1	Mond in Erdnähe
„	29	2 54,4	Erstes Viertel

Constellationen. Mai: 4 13^h ☿ obere ☌ ☉, wird Abendstern; 7 15^h ♄ ☌ ☾; 9 15^h ☿ in Sonnennähe; 18 5^h ♀ ☌ ♃, ♀ 2° 5′ nördlicher; 25 17^h ☿ ☌ ☾; 26 14^h ♄ ☌ ☾; 27 4^h ♀ ☌ ☾; 27 12^h ♂ ☌ ☾. — Juni: 3 19^h ♄ ☌ ☾; 4 11^h ☿ in grösster östlicher Ausweichung; 4 23^h ♀ ☌ ♂, ♀ 0° 58′ nördlicher; 8 5^h ☿ ☌ ♃, ☿ 0° 47′ nördlicher; 21 6^h ☉ im Krebs, Sommersonnenwende; 21 14^h ☿ ☌ ♃, ☿ 2° 34′ südlicher; 22 15^h ☿ in Sonnenferne; 23 6^h ☿ ☌ ☾; 23 8^h ♃ ☌ ☾; 25 0^h ♂ ☌ ☾; 25 17^h ♀ ☌ ☾; 26 8^h α *Leonis* ☌ ☾; 30 5^h α *Virginis* ☌ ☾; alle drei hellen Sterne ♀, Regulus, Spica werden bedeckt; 30 23^h ♄ ☌ ☾.

Meteore und veränderliche Sterne. Vom 18. Mai bis 26. Juli dauert die Dämmerung die ganze Nacht hindurch. (Nördlich von Berlin ist die Periode etwas länger, südlich etwas kürzer.) Die Beobachtung der Meteore und veränderlichen Sterne ist während dieser hellen Nächte sehr erschwert; am 26. und 27. Mai kommen die Meteore etwas zahlreicher. Von hellen Veränderlichen sind β und *R Lyrae*, η *Aquilae*, δ und μ *Cephei* zu beobachten.

J. Plassmann, *Warendorf*.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Otto Lange in Berlin C.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

VIII. Jahrgang. Fünftes Heft. Juni 1895.

Farbenmäntel als Ersatz der Farbenscheiben.

Von
Bruno Kolbe in St. Petersburg.

Die Demonstration der Mischfarben vermittelst der Farbenscheiben ist — selbst bei Anwendung der von einem Uhrwerke getriebenen Apparate — umständlich und zeitraubend, da zur Erzeugung einer neuen Mischfarbe die Farbenscheiben angehalten und verstellt werden müssen. Gilt es gar eine bestimmte Mischfarbe (z. B. den Farbenton einer Blume) zu treffen, so kann der Versuch lange währen; und wenn sich unterdessen die Beleuchtung ändert, was bei Tageslicht meist der Fall ist, so stimmt die Probe nie. Diese Übelstände bewogen mich, zu einer Zeit, wo ich mit der quantitativen Prüfung des Farbensinnes beschäftigt war, einen passenden Ersatz für die Maxwellschen Farbenscheiben zu suchen. Das gelang mir in einfachster Weise, als ich rotierende Cylinder (genauer: schwach sich verjüngende Kegelstumpfe) anwandte, auf welche ich entsprechende Farbenmäntel setzte. Mein „Farbenmesser" („Chromatometer"), der sich in der Folge als sehr bequem zur schnellen quantitativen Prüfung des Farbensinnes erwies, war ursprünglich zu diesem Zweck als besonderer Apparat mit zwei dicht nebeneinander rotierenden Cylindern construiert[1]), kann aber auch jeder Schwungmaschine angepasst werden und zur Demonstration der Mischfarben dienen.

Die rotierenden Farbencylinder[2]) haben vor den Farbenscheiben folgende Vorzüge: Die Farbenübergänge sind vollkommen gleichmässig und von überraschender Schönheit, besonders bei vollem Tageslicht oder bei elektrischem oder Magnesium-Licht; auch kann man mit einem Blick alle überhaupt möglichen Mischfarben zweier Componenten übersehen und durch passende Schieber in wenigen Sekunden jede Mischfarbe isolieren und während der Rotation des Farbenmantels den Procentsatz der Componenten ablesen. Dabei sind die verikal stehenden Cylinder in allen Azimuten gut sichtbar, was bei Demonstrationen sehr bequem ist.

Für Schulzwecke genügt es, einen Holzcylinder (*A* Fig. 1) von 200 mm Höhe (oberer Durchmesser 40 mm, unterer 44 mm), der auf einem in die Dille der Schwungmaschine passenden eisernen Dorn abgedreht ist, zu benutzen, auf den

[1]) Beschrieben und abgebildet in: B. Kolbe, *Geometrische Darstellung der Farbenblindheit. 1881 (St. Petersburg, Oskar Kranz; Leipzig, P. Steinacker) S. 61.* — B. Kolbe, *Zur Analyse der Pigmentfarben (v. Graefe's Archiv f. Ophthalmologie 1884, XXX, 2, S. 35).*

[2]) Herr Prof. E. Mach in Prag hat zuerst rotierende Cylindermäntel, und zwar für Contrastversuche, angewandt. Hiervon erfuhr ich erst nach Veröffentlichung cit. Arbeit, da der Titel der Machschen Schrift: *„Über räumliche Verteilung des Lichtreizes" (Sitzb. d. Wiener Acad., Bd. 52, vom 3. October 1865 und Bd. 54 vom 7. Juni 1866)* nicht die Beschreibung eines solchen Apparates vermuten liess. — Wie mir Herr Prof. Mach brieflich mitteilte, hat er später die Farbencylinder auch bei physikal. Demonstrationen benutzt. Neu ist demnach an meinem Apparat der Schirm mit dem Schieber und der Procent-Skala, die ihn zur Herstellung der Farbengleichungen und zur Prüfung des Farbensinnes geeignet macht.

die Farbenmäntel (*B* Fig. 1) geschoben werden, die oben mit einem 10 mm hohen Rande (*r*) aus schwarzem Glanzpapier versehen sind. Dieser Rand dient zum Anfassen, da die farbigen Papiere (glatte sind nicht geeignet) leicht durch Berührung abgerieben oder fleckig werden. Um ein Herabrutschen der Mäntel zu verhindern, kann man eine Blechscheibe (*s*) von 46 mm Durchmesser, die mit einem Loch versehen ist, über den eisernen Dorn schieben und an der unteren Fläche des Cylinders festschrauben, so dass ein vorspringender Rand von 2 mm Breite entsteht.



Fig. 1 (1/4 nat. Grösse).

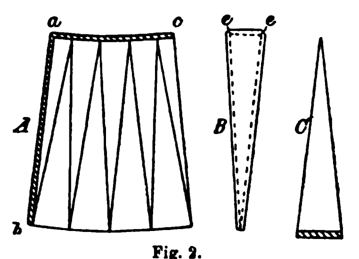


Fig. 2.

Die Herstellung der Farbenmäntel ist einfach, wenn man sich zuerst eine gut auf den Holzcylinder passende Schablone aus Zeichenpapier (*A* Fig. 2, ohne den schraffierten Rand) herstellt und diese mit Zickzacklinien versieht. Diese Schablone legt man auf den Bogen aus recht steifem Papier, aus dem die Unterlage der Mäntel gebildet werden soll, umfährt die Contur und markiert die Schnittpunkte (1, 2, 3, 4, 1′, 2′ u. s. w.). Beim Ausschneiden muss an einer Seite (*a b*) und oben (*a c*) ein Rand von 10 mm Breite stehen bleiben. Ehe ein solcher Mantel zusammengeklebt wird, versieht man auch ihn mit Zickzack-Linien, da hierdurch das Aufkleben der farbigen Dreiecke erleichtert wird. Zu diesen eignet sich am besten (mattes) Heidelberger Blumenpapier (das aber nur mit Stärkekleister geklebt werden darf). Die zweifarbigen Mäntel dienen zur Demonstration der Mischfarben und erfordern mehr Arbeit. Man mache die oberen Farbendreiecke (*B* Fig. 2), nachdem die Contur mit einer Bleifeder gezogen, etwas breiter als nötig und achte darauf, dass die Spitze (*s*) genau auf den unteren Rand des Mantels zu stehen kommt und die Ecken (*e*) oben sich berühren und genau in gleicher Höhe befinden (200 mm vom unteren Rande). Nach dem Trocknen klebt man die unteren Farbendreiecke (*C* Fig. 2) auf und schlägt den vorstehenden Rand (*u*) um den Mantelrand nach innen, wo er festgeklebt wird. Zuletzt versieht man den oberen Rand mit einem Streifen aus schwarzem Glanzpapier (s. o.).

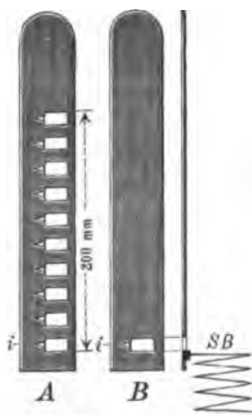


Fig. 4 (1/4 nat. Grösse).

Will man sich nicht mit der Demonstration der continuierlichen Farbenübergänge begnügen, so stellt man einen Schirm aus schwarzem Bristolcarton (Fig. 3) in 3—4 mm Abstand von dem rotierenden Farbenmantel so auf, dass der 200 mm hohe und 24 mm breite Spalt genau vor die Mitte zu stehen kommt. Neben dem Spalt ist eine Skala angebracht, wo die Höhe der Mäntel in 100 gleiche Teile geteilt ist, also direkt der Procentsatz (der oberen Farbencomponente) abgelesen werden kann.

Bei Anwendung eines Schiebers (*A* Fig. 4) mit zehn äquidistanten Diaphragmen (10,5 × 20 mm) treten zehn scheinbar homogengefärbte Farbenstufen auf, welche sich schön von dem dunkeln Schirme abheben, der natürlich dem Lichte zugekehrt sein muss. Neben jedem Diaphragma ist als Index (*i*) ein kleines Dreieck aus Silberpapier auf den Schieber geklebt.

Zu quantitativen Versuchen dient ein Schieber mit einem einzigen

Diaphragma (10 × 20 mm) am unteren Ende (*B* Fig. 4). Unterhalb der Öffnung ist ein gefaltetes und gepresstes schwarzes Seidenband von etwa 30 mm Breite und 240 mm Länge so am Schieber befestigt, dass es beim Heraufziehen desselben den unteren Teil der Farbenfläche verdeckt. Um diesen Schieber bequem einschieben zu können, ist die Vorderwand des Schirmes (*vv* Fig. 3) über dem Spalt fortgenommen und am unteren Rande des Spaltes etwas tiefer ausgeschnitten.

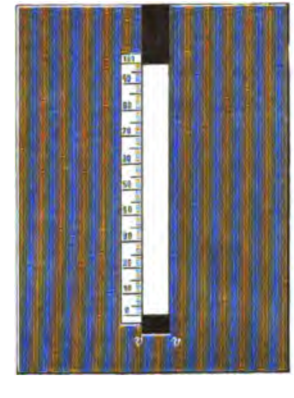


Fig. 3 (1/6 nat. Grösse).

Sehr interessant ist es, für zwei bei Tageslicht complementäre Farbenpaare, welche im richtigen Farbenkreise senkrecht zu einander stehen (z. B. gelb/ultramarinblau und carmin/blaugrün), die Lage der neutralen Grenzlinie der Gegenfarben zu beobachten, welche nur bei einer bestimmten Beleuchtung farblos (d. i. neutralgrau) erscheint, indem sie von der Art der Beleuchtung abhängig ist. Auch lässt sich aus der Verschiebung der neutralen Grenzlinie die chromatische Valenz sowie der Farbenton der benutzten künstlichen Beleuchtung berechnen[3]).

Zur Demonstration der Farbenschattirungen dienen Mäntel aus dünnem schwarzen resp. weissen Bristolcarton, die nur oben mit den farbigen Dreiecken beklebt sind. Für die Sättigungsstufen (Übergänge der Farben nach neutralem Grau, die auch zur quantitativen Prüfung des Farbensinnes dienen) verwendet man am besten Mäntel aus „Dunkel-Silbergrau No. 541“ von Schleicher & Schüll in Düren, Rheinprovinz.

Die beschriebenen Farbenmäntel werden nebst Zubehör von den Mechanikern G. Lorenz (O. Haase) in Chemnitz, Max Kohl in Chemnitz und Ferdinand Ernecke in Berlin angefertigt[4]).

Über ein Instrument zur Demonstration und Beobachtung der Variationen der magnetischen Deklination.

Von

Prof. Dr. **M. Eschenhagen** in Potsdam.

Eine einfache Methode zur Demonstration der fortlaufenden Schwankungen der Magnetnadel kann in jedem physikalischen Schulkabinet leicht und ohne wesentliche Kosten in folgender Weise ausgeführt werden.

Die Magnetnadel — am besten ein prismatischer oder runder Stab von höchstens 1 □cm Querschnitt und 5 bis 8 cm Länge — wird an einem gut austordierten Coconfaden mittels Haken oder einer Hülse aufgehängt. Das Austordieren geschieht durch Anhängen eines mit dem Magnetstabe gleich schweren Gewichtsstückes, dass man mehrere Tage hängen lässt, indess man den Cocon-

[3]) Diese Methode der Berechnung der chromatischen Valenz der Beleuchtung ist angegeben in Knapps *Archiv für Augenheilkunde 1883 XIII 2 S. 67—72* und in v. Graefes *Archiv f. Ophthalmologie 1884, XXX 2 S. 37—56* [wo auch (Tab. G S. 43) der in d. cit. Monographie berechnete Farbenkreis im Auszuge wiedergegeben ist].

[4]) G. Lorenz liefert einen Holzcylinder mit Zapfen für M. 3,50, einen Farbenmantel M. 0,60 (eine Collektion von 14 Stück M. 7); einen Blendschirm mit Schieber und Teilung M. 4.

faden einige Male mit Glycerin tränkt. Ist die Tragfähigkeit des Fadens nicht genügend, so nimmt man einen feinen Messing- oder Silberdraht von etwa 0,05 mm Stärke, den man aber auch gut austordieren muss. Die Aufhängevorrichtung kann aus einem einfachen Stativ bestehen, das aus einem festen runden Holzteller *ab* mit einer etwa 30 bis 35 cm hohen Messingsäule *cd* zusammengesetzt ist (siehe Fig. 1), die oben (bei *d*) umgebogen ist, so dass der angehängte Magnet *ns* nicht die etwas excentrisch auf der Platte befestigte Säule berührt. Man versieht die Holzplatte mit Fussschrauben *r*, um sie wagerecht stellen zu können. Zu solchen Schrauben kann man einfache käufliche Messingschrauben verwenden, die man durch die Platte an drei ein gleichseitiges Dreieck bildenden Stellen hindurchschraubt und auf deren Spitzen alsdann dieselbe auf einer eisenfreien Console aufgestellt wird. Der Magnetstab wird nach dem Austordieren des Fadens vorsichtig eingehängt und man kittet an denselben einen kleinen etwa 2 × 2 cm grossen Spiegel *e* an, der aber aus gutem Spiegelglas bestehen muss. Der Winkel, unter welchen man den Spiegel ankitten muss, ergiebt sich nach der Wahl des Ortes, von dem aus man beobachten will.



Fig. 2.



Fig. 1.

Stellt man das Magnetometer z. B. auf eine Eckconsole eines genau in astronomischer Nordrichtung befindlichen Zimmers, das keine grossen und leicht bewegbaren Eisenmassen, Magnete u. s. w. enthalten darf, und will man von Süden her beobachten, so wird der frei aufgehängte Magnet mit der Ost- oder Westwand einen Winkel gleich der magnetischen Deklination also im mittleren Deutschland 10 bis 11° einschliessen. Um eben diesen Winkel muss alsdann die Spiegelnormale von der Magnetrichtung abweichen, da erstere parallel der Ost- bezw. Westwand, dabei aber möglichst horizontal, liegen muss.

Einen zweiten Spiegel *f* von gleicher Grösse kittet man auf dem Holzsockel auf einen kleinen drehbaren Bock auf, so dass seine Normale ebenfalls horizontal und nur wenig von der des aufgehängten Spiegels abweicht. Letzterer hängt an der unteren Fläche des Magnetes genau über dem festen Spiegel des Sockels, das Auge, welches in beide Spiegel hineinsieht, muss gewissermaassen von der Trennungslinie halbiert werden, alsdann sind auch die beiden Normalen parallel. Man erreicht dies allmählich durch kleine Verdrehungen und Heben und Senken des Sockels, oder durch Verbiegen der Säule, an welcher der Magnet hängt, weshalb dieselbe oben etwas dünner gearbeitet werden kann. Es ist bei den nachherigen Beobachtungen wie auch schon bei den Einrichtungsversuchen notwendig, das Instrument durch Übersetzen eines Kastens *kk* vor Luftzug zu schützen, gegen

welchen der Magnet am Faden sehr empfindlich ist. Einen solchen Kasten kann man aus Pappe oder Holz (Eisennägel vermeiden) sich herstellen und ihm möglichst geringe Dimensionen geben, damit die Luftcirkulation beschränkt wird. Es ist gut, ihn ganz mit geglättetem Stanniol zu überkleben, um Wärmestrahlung und einseitige Erwärmung abzuschwächen, ferner ist für gutes Aufsitzen Sorge zu tragen; zweckmässig ist, ihn in der Fussplatte in eine etwa $^1/_2$ cm tiefe Rinne einzulassen. Er erhält in der Höhe der Spiegel eine runde Öffnung von etwa 50 mm Durchmesser, in welche eine Biconvexlinse von etwa 1,75 m Brennweite eingesetzt wird. Eine solche kann man von einem Optiker schleifen lassen, z. B. von Gebr. Picht in Rathenow, welche dieselbe zum Preise von M. 5,— liefern. Die übrigen einzelnen Teile können natürlich auch von einem Mechaniker ausgeführt werden, der dazu an der Figur den nötigen Anhalt findet; billiger wird es aber immer sein, wenn man die Zusammensetzung selbst ausführt.

Mit obigem ist das eigentliche Magnetometer vollendet, es erübrigt nun die Beschreibung des Beobachtungsapparates.

Man kann hierfür die in Laboratorien übliche Methode der Poggendorffschen Spiegelablesung mit Fernrohr und Skala wählen, will man aber einen billigen und doch zugleich präzisen Apparat selbst herrichten, so verwendet man einen sog. Lichtzeiger, der gegenüber der Fernrohrbeobachtung den Vorteil der objektiven Demonstration bietet. Derselbe besteht im wesentlichen aus einer Lichtquelle und einer Millimeterskala in folgender Anordnung.

In etwa 1,75 m Entfernung südlich von dem Magnetometer wird an der Wand eine zweite Console in gleicher Höhe mit der ersten befestigt. Auf derselben stellt man eine der käuflichen Benzinkerzen *m* (Fig. 2) fest auf und versieht dieselbe mit einem Cylinder *z* aus Messing oder Zinkblech, der oben noch einen sog. Blaker trägt, an einer Stelle in Höhe der Flamme hat er einen kreisrunden Ausschnitt *n* von etwa 5 mm Durchmesser, durch welchen das Licht auf das Magnetometer fallen kann (die Lichtstrahlen sind schematisch angedeutet), während sonst das Nebenlicht durch den Cylinder möglichst abgeschlossen ist. Während die Lampe etwa mitten auf der Console steht, bringt man am hinteren Rande derselben ein Stativ an, z. B. zwei Säulen oder ein einfaches Brett, welches senkrecht an der Console verschraubt ist; am oberen Rande derselben wird nun ein Millimetermaassstab in Papier oder Holz oder besser eine transparente Glasskala in einem Falz derart befestigt, dass sie in Augenhöhe des Beobachters kommt, die Lampe überragt und senkrecht zur optischen Axe der beiden Spiegel des Magnetometers kommt. Diese Glasskala *pq* besteht am besten aus einem Streifen mattierten Spiegelglases von etwa 35 cm Länge und 5 cm Breite, auf der matten Seite wird eine Millimeterteilung von 30 mm Länge nebst Ziffern aufgetragen, was man nach einiger Übung mit Reissfeder und Tusche fertig bringt. Ein Lacküberzug schützt die Striche vor Abnutzung. Hat man nun die Höhenverhältnisse so eingerichtet, dass die mittlere Höhe von Skala und Öffnung im Cylinder gleich der Höhe der Magnetometerspiegel ist und sind die Spiegelnormalen horizontal, so wird man auf dem matten Glas zwei helle runde Flecke *v* und *w* erblicken, welche die von beiden Spiegeln herrührenden Bilder des runden Ausschnitts im Schornstein der Lampe sind. Sieht man diese Bilder nicht, so hält man ein Blatt Papier zwischen Magnetometer und Skala, ohne die Lichtquelle abzudecken und kann dann durch Verschieben des Blattes die Lage der Lichtbilder verfolgen, wobei man das Zimmer natürlich ziemlich dunkel zu machen hat. Die richtige Lage der Licht-

bilder hervorzubringen, ist das schwierigste an der ganzen Aufstellung; man erreicht sie erst durch allmähliches Corrigieren, teils durch Höher- oder Tieferstellen von Lampe oder Skala, teils durch vorsichtiges Corrigieren der Spiegel.

Um denselben kleine Verdrehungen geben zu können, wendet man einen zähen, erst allmählich erhärtenden Kitt an, z. B. Guttapercha, welches in Stengeln in den Apotheken käuflich ist, und beim Erhitzen in der Flamme leicht schmilzt. Einmal fest gewordenen Kitt muss man erst durch vorsichtiges Erwärmen erweichen, wobei man sich jedoch hüten muss, die Spiegel zu beschädigen. Auf alle Fälle ist es gut, Reservespiegel bei der Hand zu haben.

Hat man nun die Bilder auf die Skala gebracht, wobei man beachten muss, dass das vom festen Spiegel herrührende *v* an der Seite der Skala etwa auf deren Nullpunkt fällt, während das bewegliche Bild *w* auf der Mitte der Skala liegen soll, so sucht man durch Verändern der Entfernung von Skala-Magnetometer, oder besser Lichtquelle-Magnetometer die Schärfe des Bildes zu einem Maximum zu bringen. Man erprobt daher zweckmässig die Aufstellung erst auf einem Tisch, ehe man die Consolen an der Wand fest macht. Wenn man nun über die Öffnung des Cylinders einen dünnen (0,05 bis 0,10 mm) Metalldraht vertikal spannt (durch Festlöten), so erblickt man in dem runden Lichtbild auch diesen vertikalen Faden und zwar so scharf, dass man seine Stellung auf der Skala genau auf Zehntel-Millimeter abschätzen kann.

Man muss so lange die Lampe verschieben oder die Skalenentfernung ändern, bis die hierzu notwendige Schärfe erreicht ist, wobei es natürlich darauf ankommt, dass die Linse die richtige Brennweite besitzt und dass die Spiegel hinreichend plan sind.

Die vorgeschlagene Entfernung der Consolen bezw. Brennweite der Linse ist gewählt, weil sie gestattet, den Skalenabstand derart zu regulieren, dass einer Winkelbewegung des Magnets von einer Bogenminute eine Standänderung des Fadenbildes von 1 mm entspricht, was bequem ist, wenn man die Beobachtungen wirklich rechnerisch verwerten und die Grösse der täglichen Deklinationsvariation messen will.

Nennt man f die Brennweite der Linse, die man nach bekannten Methoden selbst bestimmen muss, e die Entfernung der Skala von dem Magnetspiegel, ferner d den Abstand der Linse von dem Spiegel, so muss für obigen Fall sein:

$$e(1 - d/f) = 172 \text{ cm},$$

woraus man e zu berechnen hat.

Da f in erster Annäherung gleich e gesetzt werden kann, so sind beide bei gegebenem d zu ermitteln.

Es ist noch auf einen Punkt aufmerksam zu machen, nämlich auf die Beruhigung des aufgehängten Magnets, die namentlich bei den Aufstellungsarbeiten von Wichtigkeit ist. Grobes Schwingen und Pendeln des Magnets beruhigt man durch Annähern einer Flaumfeder oder eines Pendels, hat man aber den Kasten übergestellt, so pflegt der Magnet noch stark hin und her zu schwingen. Alsdann nähert man ihm ein Stück magnetisierter Stricknadel, man bemerkt bald, welches Ende den Magnet anzieht. Dieses nähert man demselben, wenn er sich von der Stricknadel fortbewegt, dreht aber letztere um, sobald der Magnet umkehrt u. s. f. Auf diese Weise vermag man nach einiger Übung, die man sich auch an einem gewöhnlichen Compass erwerben kann, die stärksten Schwingungen in kurzer Zeit zu beruhigen. Von Nutzen ist es dabei, das Bild des Auges im Spiegel zu beob-

achten, oder aber, wenn die Orientierung weit genug fortgeschritten ist, den hin- und herschwingenden Lichtpunkt auf der Skala oder einem Blatt Papier zu verfolgen.

Der fertige Apparat bietet ein Mittel, nicht allein in anschaulicher Weise die täglichen Schwankungen der Deklinationsnadel zu demonstrieren, wozu man nur den Stand des Fadens früh um 8 Uhr und Mittags 1 oder 2 Uhr zu beobachten braucht, sondern es kann bei exakter Aufstellung die Amplitude dieser Schwankungen korrekt bestimmt und schiesslich sogar die Änderungen derselben und der Mittellage von Jahr zu Jahr verfolgt werden. Eine Controle dabei bietet das zweite feste Bild, das man auf den Nullpunkt der Skala einstellt, wobei man sich durch öfteres Controlieren überzeugt, dass keine Verschiebungen an den Apparaten eingetreten sind.

Schliesslich hat man mit diesem einfachen Instrument, dessen Kosten bei teilweiser Selbstanfertigung sehr geringe sind, ein Mittel, auch Beobachtungen von wissenschaftlichem Wert z. B. bei Gelegenheit von Nordlichterscheinungen oder magnetischen Störungen zu erzielen, wo die Magnetnadel bekanntlich in beständiger Unruhe ist.

Vorausgesetzt wird aber, im Fall die Beobachtungen Wert haben sollen, die hinreichende Entfernung grösserer fester und gänzliche Entfernung beweglicher Eisenmassen.

Man kann ferner die Beobachtungen an diesem Apparat benutzen, um etwaige Messungen der absoluten Deklination mit einem Compass unter sich zu vergleichen und dieselben von zufälligen Abweichungen zu befreien. (Siehe hierüber d. Verf. Aufsatz „Erdmagnetismus“ in Kirchhoff, *Anleitung zur deutschen Landes- und Volksforschung, Stuttgart, Engelhorn, 1889.*)

Zum Schluss sei noch erwähnt, dass man einen „Lichtzeiger“ noch in einfacherer Weise, wenn auch nicht ganz so genau, dadurch herstellen kann, dass man einen dünnen (0,2 mm) Platindraht in eine wenig leuchtende Gasflamme (sog. Bunsenbrenner) vertikal hält. Das Spiegelbild des leuchtenden Drahtes giebt bei richtigen Verhältnissen eine scharfe helle Linie auf der Skala, ohne dass es nötig ist, die blaue Gasflamme abzublenden.

Versuche aus der Akustik.

Von

Dr. **W. C. L. van Schaik** in Rotterdam.

1. Untersuchungen der Luftschwingungen in Orgelpfeifen. Um die Schwingungen im Innern einer Orgelpfeife sichtbar zu machen, bediente ich mich im Winter von 1892 folgender Vorrichtung. In die Seitenwände einer nicht zu kleinen Pfeife sind an zwei einander gegenüberliegenden Stellen Öffnungen von etwa 2,5 cm Weite gebohrt, welche mit Glasplatten gut verschlossen sind (Fig. 1). Ebenso befindet sich daselbst in der Hinterwand eine Öffnung, wodurch man eine kurze Metallröhre B anbringt, welche luftdicht befestigt wird; das in die Pfeife ragende Ende C derselben ist ein wenig zusammengedrückt, so dass eine ganz schmale Spaltöffnung übrig bleibt, welche rechtwinkelig zur Pfeifenlänge steht. Durch diese Röhre wird ein sehr schwacher

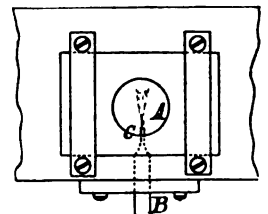


Fig. 1.

Luftstrom geführt, der im Innern der Pfeife bandförmig austritt, und die Luftschwingungen mitmacht. Am Ende der Röhre sind einige Flaumfedern befestigt, welche die Schwingungen des austretenden Luftblattes sichtbar machen können; diese Schwingungen können projiciert und vibroskopisch analysiert werden.

Der sehr schwache Luftstrom hindert das normale Ansprechen der Pfeife noch weniger als eine am Knotenpunkt angebrachte Membran. Der Luftstrom ist hierbei aber notwendig, weil ohne denselben die zwar leichten und schlaffen Federn den Luftschwingungen nicht hinreichend folgen würden. Bringt man einige gleiche Röhren an verschiedenen Stellen des Pfeifenkörpers an, und führt man denselben nach einander Luft zu, — wobei natürlich die jedesmal nicht gebrauchten Röhren verschlossen werden, — so constatiert man die bekannte Thatsache, dass die Abnahme der Amplitude nach den Knoten hin dem Sinusgesetz folgt, so dass auch die Zunahme der Druckschwankungen jenem Gesetze entsprechen muss, wie dies mit den Untersuchungen von Raps übereinstimmt. Durch passende Stellung von Planspiegeln gelang es auch, die Schwingungen des Luftblattes an einer bestimmten Stelle der Pfeife mit den Schwingungen des Anblasestroms in dasselbe Gesichtsfeld zu bringen und jene simultanen Schwingungen vibroskopisch zu analysieren.

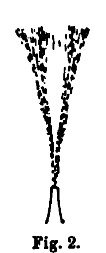


Fig. 2.

Auch die Zusammensetzung des Pfeifenklanges kann auf die nämliche Weise sichtbar gemacht werden. Bringt man den bandförmigen Strom z. B. auf $1/3$ der Länge vom geschlossenen Ende einer engeren gedackten Pfeife, so zeigt sich die Schwingungsfigur bei sanftem Anblasen der Pfeife einfach; bei starkem Anblasen aber, wobei Grundton und Duodecime zugleich ertönen, erblickt man die in Fig. 2 angegebene Form, wobei ausser den zwei äussersten Stellen noch zwei andere Stellen minimaler Geschwindigkeit vorkommen. Die Schwingungsfiguren stimmen in dieser Hinsicht mit denen des früher untersuchten Anblasestroms überein.[1])

2. Zur Demonstration der Interferenz der aus zwei Punkten kommenden Wellenzüge. Um die Interferenz zweier auf einer Flüssigkeitsoberfläche erregten Wellenzüge zu zeigen, kann man sich bekanntlich der elektromagnetischen Stimmgabel bedienen, welche an einem Zinken zwei Spitzen trägt, die in die Flüssigkeit tauchen. Der Gebrauch der Stimmgabel hat aber das Unbequeme, dass man dieselbe so aufstellen muss, dass die Schwingungen der immerhin grossen Stahlmasse sich nicht durch den Tisch oder den Fussboden hin den Wänden des Gefässes mitteilen, weil die hierdurch an der Oberfläche entstehenden Wellen die Erscheinung beträchtlich stören.

Um den Versuch recht bequem anzustellen, werden die Spitzen *A* und *B*, welche die Quecksilberoberfläche berühren müssen, an eine pneumatisch bewegte Stahlfeder[2]) befestigt, vgl. Fig. 3. Diese befindet sich oberhalb des Quecksilbers, dessen Oberfläche man nicht zu klein nimmt. Die Vorrichtung braucht nur einen schwachen Luftstrom, und die schwingende Masse ist klein genug, um durch die Tischplatte keine merkbare Bewegung auf das Quecksilbergefäss zu übertragen. Die interferierenden

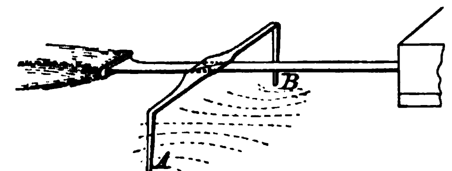


Fig. 3.

[1]) *Archives Néerland. T. XXV, 1891, S. 326.*

[2]) *Archives Néerland, T. XXV, S. 295.*

Wellenzüge sowie die Hyperbeln erscheinen nun sehr deutlich und lassen sich durch auf die spiegelnde Oberfläche einfallendes Licht gut projicieren.

Die schöne Erscheinung wird aus bekanntem Grunde noch lehrreicher, wenn man das projicierende Lichtbündel an einer Stelle grösster Concentration durch die relativ kleine Öffnung eines schwingenden Schirmes treten lässt, dessen Vibrationszeit ein wenig mehr als das Doppelte der Periode der erregten Wellen beträgt.

Diese Versuche wurden bei einer Abendvorlesung der Batavischen Genossenschaft vorgeführt.

Geschichtliche Entwicklung der Anschauungen über das Wesen der elektrischen Wirkungen.

Von

Dr. **H. Classen** in Hamburg.

Wenn wir auch heute vielleicht mehr als je uns eingestehen müssen, dass alle bisherigen Forschungen nach dem Wesen der Elektricität uns die Kenntnis des wahren Zusammenhanges nur in immer weitere Ferne gerückt haben, so zeigt doch gerade der allmähliche Wechsel der Ansichten auf diesem Gebiete ein so gesetzmässiges Fortschreiten vom Althergebrachten zu gänzlich neuen Anschauungen, dass er hierdurch zugleich auch für alle anderen Zweige der Physik von grösster Bedeutung geworden ist. Daher mag wohl der Versuch einer zusammenhängenden Darstellung der Hauptentwicklungsphasen der Elektricitätslehre, soweit sich die mannigfaltigen, mathematischen Schwierigkeiten derselben auch ohne Benutzung mathematischer Formeln zur Anschauung bringen lassen, gerechtfertigt erscheinen.

Als den ersten Schritt, für die bereits bekannten mannigfaltigen Erscheinungen einen wirklichen Erklärungsgrund anzugeben, können wir die Untersuchungen COULOMBS ansehen. Zwar war die Ansicht, die elektrischen Kräfte müssten als Eigenschaften eines oder zweier elektrischer Fluida, die in den Körpern wirksam sind, angesehen werden, bereits vor COULOMB allgemein verbreitet, doch war erst durch seinen Nachweis, dass die elektrischen Kräfte nach dem umgekehrten Quadrat der Entfernung abnehmen, jener Hypothese für die damalige Zeit die physikalische Berechtigung gegeben. Seit NEWTONS Entdeckung der Gravitation hatte man sich gewöhnt, selbst über NEWTONS eigene Gedanken hinausgehend, in der Abnahme einer von einem Punkte ausgehenden Kraft nach dem umgekehrten Quadrat der Entfernung den Beweis für die Existenz dieser Kraft als wirklicher Naturkraft zu finden. Da jede Wirkung, die von einem Punkte ausgeht, — so war wohl hierbei der Gedankengang, — sich auf eine um so grössere Sphäre verteilt, in je grössere Entfernung sie wirkt, so scheint zu folgen, dass jede wirklich existierende Kraft nach dem Gesetz der räumlichen Ausbreitung abnehmen muss; fand sich nun umgekehrt irgendwo diese geometrische Beziehung bestätigt, so glaubte man auch eine wirkliche Naturkraft, die nun weiter keiner einfacheren Erklärung mehr fähig sei, aufgefunden zu haben. Daher konnte durch das Coulombsche Gesetz die Existenz jener magnetischen und elektrischen Fluida als Träger der Kraft, analog den anziehenden Massen, als bewiesen gelten.

Die nächsten wesentlichen Fortschritte sind AMPÈRE und WILHELM WEBER zu verdanken. Zunächst begegnen wir bei AMPÈRE einer sehr bemerkenswerten Schlussweise, die ihn über OERSTEDTS gelegentliche Beobachtung der Ablenkung der Magnetnadel durch den elektrischen Strom hinaus zu einer ganzen Reihe neuer Entdeckungen führte. Wenn ein Strom auf einen Magneten wirkt, so schloss AMPÈRE, so wirkt auch der Magnet auf den Strom; kann aber ein Strom durch magnetische Kräfte bewegt werden, so muss es für diesen Strom gleichgültig sein, ob die magnetischen Kräfte durch einen wirklichen Magneten oder durch einen magnetisch wirkenden Strom erzeugt sind; also müssen auch zwei Ströme

auf einander bewegend einwirken. Diese Schlussweise ist theoretisch von grosser Bedeutung, allgemein lautet sie: wenn aus verschiedenen Ursachen gleichartige Kräfte entspringen, so ist es für den von den Kräften angegriffenen Körper gleichgültig, welche der beiden Ursachen ihn antreibt; die entstehende Bewegung ist nur durch die Kraft selbst, nicht durch die Beschaffenheit der Ursache bestimmt. Dieselbe Schlussweise wird uns noch einmal in viel späterer Zeit begegnen und als wichtiges Kriterium dienen, und dann wird ihre Bedeutung für die Grundanschauungen noch mehr hervortreten.

Ampères Schluss bestätigte sich, und die Wechselwirkung zweier Ströme auf einander gab zu neuen Untersuchungen Anlass. Wie Coulomb die elektrischen Fernwirkungen auf die Wirkungen der einzelnen Teile zurückführte, stellte auch Ampère durch systematische Untersuchungen nunmehr fest, welche Kräfte zwischen zwei Stromelementen bestehen müssen, damit die Summe aller Elementarwirkungen zusammen gerade die beobachteten Bewegungen der ganzen Ströme ergiebt. Ganz im Sinne der hergebrachten Anschauungen gilt ihm als selbstverständlich, dass die Richtung der Wirkung mit der Richtung der Verbindungslinie der Elemente zusammenfallen müsse. Die Abnahme der Kraft nach dem umgekehrten Quadrat der Entfernung bleibt auch hier bewahrt; da jedoch Stromelemente nicht Punkte sind, sondern bestimmte Richtungen besitzen, so ist das Gesetz compliziert durch einen Ausdruck, der die Abhängigkeit der Kraft von der gegenseitigen Richtung der Elemente darstellt. Wir haben ein neues Gesetz; aber eine einfache geometrische Beziehung, wonach für die Abhängigkeit gerade dieser Ausdruck zu erwarten ist, existiert nicht mehr. Kann nun auch dieses Gesetz als die Entdeckung einer neuen Naturkraft angesehen werden? Man weiss nichts besseres und nimmt es zunächst dafür.

Auf diesem Punkte fand Weber die Frage vor; ihm gelang es, dieselbe bis zu dem innerhalb der hergebrachten Anschauungen erreichbaren Ziele zu führen. Noch eine dritte Reihe von Entdeckungen war inzwischen durch Faradays Untersuchungen bekannt geworden, die Thatsache nämlich, dass die Ströme ausser den bereits seit Ampère bekannten magnetischen Wirkungen auf einander auch noch elektromotorische, die sog. Induktionswirkungen auszuüben vermögen. Da diese nur auftreten, wenn irgend welche Veränderungen mit den Strömen vor sich gehen, konnte Lenz ihr Gesetz dahin aussprechen, dass die Induktionsströme stets solche Richtung haben, dass sie die zwischen den Strömen stattfindende Veränderung verzögern. Diese drei Gesetze: das Coulombsche, das Ampèresche und das von Lenz suchte nun Weber[1]) zusammenzufassen. Wenn es sich hier thatsächlich um Kräfte handelt, die als wirkliche Naturkräfte der Materie als solcher zuzuschreiben sind, so müssen sie einerseits, so schloss Weber, sich zurückführen lassen auf Wechselwirkung zwischen je zwei Elektricitätsteilen selbst, also auf Elementarwirkungen; andererseits, da den Teilchen selbst keine Richtung zukommt, kann die Elementarkraft zwischen zwei Teilen auch nur in der Richtung der Verbindungslinie derselben liegen. Da nach dem Ampèreschen Gesetz die Kräfte zwischen den bewegten Elektricitäten andere sind, als sie aus dem Coulombschen Gesetz sich ergeben, so folgte unmittelbar, dass die Elementarwirkung nicht von der Lage der Teilchen allein, sondern von ihrer relativen Bewegung abhängen muss. Aus den gemachten Voraussetzungen liess sich ganz eindeutig diese Abhängigkeit bestimmen, und es ergab sich, dass die Elementarkraft bestehen muss aus der Coulombschen Kraft, vermindert um ein Glied, das das Quadrat der relativen Geschwindigkeit, und vermehrt um ein Glied, das die Beschleunigung enthält. Aus diesem Elementargesetz kann man in der That alle bis dahin bekannten elektrischen Erscheinungen ableiten. Nachdem Weber schon vorher das Ampèresche und Lenzsche Gesetz durch eine Reihe sorgfältigster Maassbestimmungen geprüft und bestätigt gefunden hatte, bestimmte er nunmehr auch numerisch die Grösse der Abhängigkeit der Elementarkräfte von der Geschwindigkeit der Teilchen und fand nur so grosse Geschwindigkeiten von merkbarem Einfluss auf die Kraft, dass man sehr wohl auch das

---

[1]) Weber, *Elektrodynamische Maassbestimmungen. Abh. d. kgl. sächs. Ges. d. Wiss. 1846.*

Gravitationsgesetz durch die gleichen Glieder vervollständigen könnte, ohne dass man dadurch irgendwelche merkbaren Abweichungen in der Bewegung der Himmelskörper würde berechnen können, da eben die dazu erforderlichen Geschwindigkeiten niemals an denselben auftreten. Das Webersche Gesetz konnte also als allgemeines Naturgesetz zwischen allen Körpern angesehen werden, und die elektrischen Fluida brauchten sich nur durch ihre grössere Feinheit und daher leichtere Beweglichkeit von der gewöhnlichen schweren Masse zu unterscheiden. Auch eine vollständige Theorie der nach seinem Gesetze verlaufenden Bewegungen führte WEBER aus, wie wir NEWTON die Theorie der Gravitationsbewegungen verdanken.

Damit schien allerdings das eine wahre Gesetz der Wechselwirkung zwischen Körpern gefunden und das Ziel erreicht. Und doch! War denn nun das Webersche Gesetz ein solches, wie es die hergebrachten Ansichten erwarteten? Gerade die Übereinstimmung mit der einfachen, geometrischen Beziehung war es, die die Gravitation als Naturkraft so wahrscheinlich machte; aber diese war zur Erreichung der Einheitlichkeit selbst für die Gravitation aufgegeben. Damit aber wurde zugleich der Grad der Gewissheit, im Weberschen Gesetze eine wahre Erkenntnis gefunden zu haben, erheblich geringer.

WEBER war eben bei seiner Entwicklung der Elektrodynamik noch ganz von dem Gedanken beherrscht, das Gesetz der Wirkungen in die Ferne, welche ein Körper auf einen anderen vermöge seiner elektrischen Eigenschaften auszuüben vermag, müsse einfach aufgesucht werden. Die Existenz solcher Wirkungen direkt in die Ferne, durch das zwischenliegende Medium hindurch, war in dem Weberschen Anschauungskreise noch als etwas selbstverständliches enthalten, und das eben ist es, worin die spätere Zeit sich von seiner Lehre entfernt.

Die erste grössere Opposition gegen die Weberschen Entwicklungen ging von dem Altmeister der theoretischen Physik F. NEUMANN[2]) aus. Dieser fasste in seiner klaren, alles Hypothetische so lange als möglich vermeidenden Weise nun auch die Ampèreschen Untersuchungen über die Wechselwirkungen zwischen Strömen an; das hier Beobachtete sind die Wirkungen von Stromteilen auf Stromteile. Da wir uns jeden Strom beliebig in Teilabschnitte zerlegt denken können, so lässt sich aus dem unmittelbar Beobachteten in der That für die Wirkungen eines ganzen Stromes auf einen anderen ein Ausdruck aufstellen, der die Gesamtwirkung als Summe der Wirkungen der einzelnen Elemente angiebt. NEUMANN entwickelte diesen Ausdruck und fand, dass dieselbe Form, die die magnetischen Wirkungen darstellt, in sehr einfacher Beziehung zu allen über die Induktion zwischen Strömen beobachteten Erscheinungen steht und auch diese herzuleiten gestattet. Betrachtet man nun diesen Ausdruck, das sog. Neumannsche Potential zweier Ströme, in seiner einfachsten Gestalt, so liegt es sehr nahe, da dasselbe eine Summierung von Ausdrücken, die sich auf die einzelnen Stromelemente beziehen, ist, den zu summierenden Ausdruck selbst anzusehen als die Wirkung zwischen zwei Stromelementen; wenigstens erfordert die Annahme einer anderen Elementarwirkung stets die Einführung einer Hypothese, die über das unmittelbar Beobachtete hinausgeht. Die so erhaltene Elementarwirkung zwischen Stromelementen ist nun eine andere, als die aus dem Weberschen Gesetz sich ergebende, und das wird der Grund des Einspruches, den NEUMANN gegen WEBER erhebt. Freilich eine Entscheidung konnte fürs erste nicht erreicht werden, denn in allen bisher bekannten Experimenten hatte man es nur mit in sich geschlossenen Strömen zu thun, und das Unterscheidungsglied zwischen beiden Theorieen ist derart, dass es bei einer Ausführung der Summierung über alle Teile einer geschlossenen Kurve gerade Null wird; und über nicht in sich geschlossene Ströme liegen keine ausführbaren Experimente vor. Der Grund der Möglichkeit zweier so verschiedener Theorieen, die doch im Gebiet des Experimentes stets dieselben Resultate ergeben, liegt mathematisch gesprochen in der Vieldeutigkeit, die man immer erhält, wenn man in einem Integral-

[2]) F. NEUMANN, *Pogg. Ann. 67, 1846.*

ausdruck zurückgeht auf das Element, über welches zu integrieren ist. Physikalisch gesprochen ist der verschiedene Ausgangspunkt zugleich der Grund des verschiedenen Resultates; bei Weber der Glaube an die Existenz der Wirkung in die Ferne, deren Gesetz nur aufgesucht werden müsse — bei Neumann die Forderung, nur das in die Physik einzuführen, was zur mathematischen Untersuchung und Darstellung des Beobachteten unbedingt notwendig ist. Weber wie Ampère hatten sich zunächst eine hypothetische Vorstellung von der Wirkung zwischen Stromelementen gebildet, aus dieser dann die Wirkung endlicher Ströme auf einander entwickelt, und prüften dann das Resultat durch das Experiment. Neumann dagegen zeigte, dass die experimentellen Daten allein schon genügen, den mathematischen Ausdruck für die Wirkung endlicher geschlossener Ströme eindeutig festzustellen, dass hier also keine besondere Hypothese erforderlich ist, dass mithin auch durch das Experiment für keine besondere entschieden wird, folglich auch die einfachste, mathematische Form zunächst noch den Vorzug verdient. So liegt denn die Bedeutung des Neumannschen Einspruches in dem energischen Hinweis auf das Hypothetische des Weberschen Gesetzes und auf die Möglichkeit, auch ohne dieses Gesetz alle Wechselwirkungen zwischen Strömen bestimmen zu können. Nachdem so einmal die Vieldeutigkeit in dem Elementargesetz aufgedeckt war, blieb es denn auch nicht aus, dass auch unter anderen als Webers Voraussetzungen Elementargesetze aufgestellt wurden. Schon vordem hatte Grassmann[3]) das Ampèresche Gesetz abgeleitet ohne die Voraussetzung, dass die Kraft in der Richtung der Verbindungslinie liegen müsse; Riemann[4]), Lorenz[5]) geben neue Formen des Grundgesetzes an; Clausius[6]) suchte die Form auf, die mit dem Gesetz von der Erhaltung der Energie übereinstimmt und unabhängig ist von der ebenfalls bei Weber auftretenden Forderung, dass in einem Strom stets die gleichen Elektricitätsmengen nach beiden Richtungen fliessen. Er gelangte zu dem eigentümlichen Resultat, dass dann nicht die relativen sondern die absoluten Bewegungen der Elektricitätsteilchen für die Wechselwirkung bestimmend sein müssten, worin dann implizite enthalten zu sein scheint, dass die Wirkung durch ein ruhendes Etwas, auf das die absolute Bewegung zu beziehen ist, zu bestimmen sei, also nicht mehr als direkte Fernwirkung gelten könne. Andere versuchten noch andere Hypothesen, ohne aus dem Gebiet des willkürlich Angenommenen herausgelangen zu können, und so konnten denn alle diese Versuche, da es an Experimenten zur Entscheidung fehlt, nicht weiter helfen und den Knoten auflösen.

Am umfassendsten versuchte v. Helmholtz[7]) für die schwebenden Fragen eine Entscheidung herbeizuführen. Er stellte zunächst die allgemeinste Form für die Elementarwirkung zwischen Stromelementen auf, die überhaupt noch dem erfahrungsmässig Bekannten genügt. Da alle beobachteten Wirkungen durch den Neumannschen Potentialausdruck dargestellt werden, so handelte es sich darum, den allgemeinsten mathematischen Ausdruck zu finden, der unter dem Integralzeichen im Neumannschen Potential hinzugefügt werden kann, derart dass bei jeder Summierung über geschlossene Stromkurven dieses Zusatzglied wieder verschwindet und dass zweitens gewisse einfache, der unmittbaren Anschauung entlehnte Forderungen erfüllt bleiben. Zu diesen rechnet Helmholtz, dass die Abnahme der Wirkung nach dem umgekehrten Quadrat der Entfernung geschieht und dass die Kraft den Stromstärken proportional ist. Unter diesen Voraussetzungen lässt sich für das Potential zweier Stromelemente ein allgemeiner Ausdruck plus einem Zusatzglied aufstellen, durch welchen nun in der That alle überhaupt möglich scheinenden Theorien umfasst werden; und es zeigt sich, dass alle Theorien auch dieses Zusatzglied in derselben Form haben müssen und sich nur durch einen constanten Faktor in diesem Gliede unterscheiden

[3]) Grassmann, *Pogg. Ann. 64, 1845.*

[4]) Riemann, *Pogg. Ann. 131, 1867.*

[5]) Lorenz, *Pogg. Ann. 131, 1867.*

[6]) Clausius, *Pogg. Ann. 156, 1875.*

[7]) Helmholtz, *Theorie der Elektrodynamik. Borchardts Journal 1871, 1873, 1874.* Zusätze dazu in den *gesammelt. Abhandl. 1881.*

können. In der Neumannschen Theorie ist nun dieser Faktor gleich $+1$ und bei Weber gleich -1.

Zur weiteren Entscheidung über den Werth dieser entgegengesetzten Theorieen griff nun Helmholtz auf das Gesetz von der Erhaltung der Energie zurück, das mittlerweile immer mehr Bedeutung für die verschiedensten Fragen der Physik gewonnen hatte. Wenn nun auch dieses Gesetz in seiner einfachen Form durch Webers Theorie erfüllt zu sein schien, so waren es doch zwei Einwände, die Helmholtz machen zu müssen glaubte. Er folgerte aus den erhaltenen elektrodynamischen Gleichungen in der allgemeinen Form, wenn in denselben die obengenannte Constante K einen negativen Wert hat, wie bei Weber, dass dann erstens ein Fall eintreten könnte, dass ein Teilchen in endlicher Zeit eine unendlich grosse Geschwindigkeit erhalte, und dass zweitens in gewissen Fällen das Gleichgewicht der Elektricität auf den Leitern nur labil sein könne. Beide Consequenzen, sagt Helmholtz, sind unzulässig, denn sie würden zur Construktion eines Perpetuum mobile führen können.

Die Erwiderungen Webers und seiner Anhänger gegen diese Einwände laufen darauf hinaus, dass die von Helmholtz behaupteten Consequenzen nur eintreten können bei entweder ganz molekularen Entfernungen, für welche auf die Erscheinungen noch andere compliziertere Verhältnisse Einfluss haben; oder wenn man die kleinsten vorkommenden Dimensionen als endliche darstellt, so werden die Dimensionen in denen die betreffenden Vorgänge ablaufen sollen, so gross, dass sie den Rahmen ausführbarer Versuche bei weitem übersteigen. Gegen den ersten Einwand wenigstens zeigte noch Weber[8]) selbst, dass man durch gewisse Wahl der noch zur Verfügung stehenden Constanten es in der That erreichen kann, dass im ganzen Bereich ausführbarer Versuche, d. i. im ganzen Gebiet des in der Natur für uns Wahrnehmbaren, jene erste Consequenz nicht eintreten kann. Helmholtz macht dem gegenüber darauf aufmerksam, dass dann allerdings durch diese Wahl der Constanten ad hoc eine neue Hypothese eingeführt wird, zu der sonst keine Veranlassung vorliegen würde, und stellt auch dann noch die Forderung auf, dass, wenn ein Gesetz als wirkliches elementares Naturgesetz gelten solle, es auch bei Ausdehnung über die uns zugänglichen Maasse hinaus zu keinen unzulässigen Consequenzen führen dürfe.

Auf den zweiten Einwand hat Weber nicht mehr geantwortet. Für ihn hat C. Neumann[9]) versucht, durch eine Ergänzung des Weberschen Gesetzes für molekulare Dimensionen die Entstehung eines labilen Gleichgewichtes auszuschliessen, und Lorberg[10]) versuchte dasselbe durch Annahme einer gewissen Trägheit der Elektricität; doch gegen beide erwiderte Helmholtz, dass durch ihre neuen Versuche, das Webersche Gesetz zu retten, die Entstehung des labilen Gleichgewichtes nicht verhindert werden könne, und dass dies ein unwiderlegter Vorwurf gegen das Webersche Gesetz bleibe.

Durch diese Einwände hat das Webersche Gesetz in der That sehr bedeutend von seiner Einfachheit verloren und damit von der Wahrscheinlichkeit, als wahres Naturgesetz gelten zu können. Helmholtz suchte denn nun auch nur noch nach Mitteln, um Unterschiede und ausführbare Versuche zu finden für diejenigen elektrodynamischen Theorieen, für welche jene unterscheidende Constante K positiv ist.

Noch ehe er hierüber zu einer Entscheidung gelangt war, wurde von anderer Seite aus einem wesentlich verschiedenen Prinzipe ein Einwand gegen alle diese besonderen Theorieen erhoben, der vielleicht zur Beilegung des Streites mehr beitrug, als alle bisherigen Versuche, zu einer Einigung zu gelangen. Es war wieder das Prinzip der Einheit der Kraft, wie es früher von Ampère benutzt wurde, das diesmal von Hertz auf das erfolgreichste verwertet wurde. H. Hertz[11]) zeigte in einer theoretischen Arbeit über

[8]) Weber, *Elektrodynamische Maassbestimmungen. Abh. d. k. sächs. Ges. d. Wiss. 1871, 1878. Pogg. Ann. Jubelband 1874 und 156, 1875.*

[9]) C. Neumann, *Pogg. Ann. 155, 1875.*

[10]) Lorberg, *Pogg. Ann. E. VIII, 1878.*

[11]) H. Hertz, *Wied. Ann. 23, 1884.*

die Grundgleichungen der Elektrodynamik, dass, wenn es möglich sein soll, dass unter allen Umständen dieselben magnetischen Kräfte sowohl durch ein System von Magneten, als auch durch ein System von elektrischen Strömen erzeugt werden können, so dass also die magnetischen Kräfte von elektrischen Strömen und diejenigen von magnetischen Substanzen vollständig durch einander ersetzt werden können, dass dann auch gewisse Erscheinungen existieren müssen, die den Induktionsvorgängen analog sind und magnetische Induktionsströme heissen könnten. Diese Erscheinungen waren durch keine der bisherigen Theorieen, die sich auf das Neumannsche Potential stützen, ausgedrückt; um auch sie darzustellen, bedurften die Gleichungen einer anderen Ergänzung; Hertz leitete diese ab und gelangt dadurch zu einem Gleichungssystem, das identisch ist mit dem von Maxwell auf ganz anderem Wege erhaltenen. Aus den Helmholtzschen Gleichungen würde man zu einem ganz ähnlichen System gelangen, indem man die Constante $K = o$ setzt, wenn dann nicht die Ableitungsweise der Helmholtzschen Gleichungen ihre Grundlage verlöre. In der That wird bei Helmholtz unterschieden zwischen den Wirkungen, die die elektrischen Teilchen direkt aufeinander in die Ferne ausüben, und der Modifikation, die diese Wirkung erhält dadurch, dass das zwischenliegende, isolierende Medium infolge jener Fernkräfte polarisiert wird. Aus jener werden die Grundformen der Gleichungen abgeleitet und die Polarisation des Dielektrikums wird erst danach eingeführt und macht einige Modifikationen der Gleichungen erforderlich. Nun bedeutet aber das Nullsetzen der Constante K, dass jene Fernwirkung garnicht existiert, sondern alles nur durch die Polarisationen zu erklären ist, mithin ist für diesen Fall die Helmholtzsche Ableitungsweise nicht mehr anwendbar. So können denn in der That die Maxwellschen Gleichungen aus der Helmholtzschen Erweiterung des Neumannschen Potentiales nicht identisch gewonnen werden, obwohl doch auch Hertz zu ihnen durch eine Erweiterung der Neumannschen Gleichungen nur auf anderem Wege wie Helmholtz gelangt, und dadurch ist es verständlich, wie diese Gleichungen Maxwells in der That jene magnetischen Induktionsströme zu enthalten vermögen, während keine nach der Helmholtzschen Erweiterungsweise gebildete Theorie dieses zu leisten vermag.

Muss man aber hiernach das Maxwellsche Gleichungssystem bevorzugen, so dürfte es, wie Hertz am Schlusse jener Arbeit sagt, auch weit einfacher und empfehlenswerter sein, anstatt dieses Gleichungssystem auf dem weitläufigen Wege herzuleiten, wie er zu demselben gelangt ist — dass man nämlich zunächst von der Neumannschen Ableitungsweise seines Potentiales ausgeht und schliesslich die unter dem Integrale noch mögliche Ergänzung nach dem Prinzipe der Einheit der Kraft ausführt — statt dessen lieber die Maxwellsche sehr viel einfachere Herleitungsweise als die der Sache besser entsprechende anzunehmen.

Um zu sehen, was dies bedeutet, müssen wir zurückgehen auf die Entwicklung, die die Lehre von der Elektricität inzwischen in England genommen hatte. Hier war es vor allem Faraday[12]), dessen reiche Experimentaluntersuchungen die Kenntnis von den elektrischen Erscheinungen so hervorragend erweitert hatten. Faraday hat nun aber bei allen seinen Versuchen den Grundgedanken festgehalten, dass, wenn ein Körper auf einen anderen, an anderem Orte befindlichen, eine Wirkung ausübt, diese Wirkung nach jenem Orte durch das zwischenliegende Medium übertragen sein müsse. Eine direkte Wirkung in die Ferne, wie Weber sie voraussetzte und ihrer Form nach festzustellen suchte, war für Faraday von vornherein ausgeschlossen. So erblickte er stets den Sitz der elektrischen Vorgänge nicht in den leitenden Körpern, sondern gerade in den Isolatoren und in den in diesen hervorgerufenen Polarisationsvorgängen. Wenn nun auch alle Entdeckungen, die Faraday auf diesem Wege machte, auf dem von den deutschen Forschern bevorzugten Wege ihre mathematische Darstellung fanden, so hat nunmehr Maxwell[13]) die mathe-

[12]) Faraday, *Experimentaluntersuchungen. Phil. Transact. 1831—1841.*

[13]) Maxwell, *Treatise on Electricity and Magnetism. Oxford 1881*, eine sehr charakteristische Egänzung hierzu bildet *Poynting Phil. Transact. 1884, 1885.*

matische Darstellung nach der Faradayschen Anschauungsweise d. h. mit Ausschluss jeder direkten Fernwirkung gegeben, und gelangte dadurch direkt gerade zu dem Gleichungssystem, das in der Helmholtzschen Erweiterung nicht mehr enthalten ist, und das unter dem Gesichtspunkte des Prinzips der Einheit der Kraft bis jetzt das einwandfreieste ist.

Aber nicht nur von der theoretischen Seite, sondern auch von der experimentellen, insbesondere durch die Versuchsreihen von Hertz [14]) und die sich daran anschliessenden, zahlreichen Untersuchungen anderer Forscher, hat die Maxwellsche Theorie ein gewisses Übergewicht über die anderen erhalten. Der Punkt, von dem eine experimentelle Entscheidung zu hoffen war, war der: Ist zu der Ausbreitung der elektrischen Wirkung von einem Körper zu einem anderen, insbesondere der Induktionswirkung, eine gewisse Zeit erforderlich oder geschieht sie momentan? Hatte man es nur mit direkter Fernwirkung zu thun, so war momentane Ausbreitung zu erwarten, spielte die Polarisation des Dielektrikums dabei eine Rolle, so konnte auch eine gewisse endliche Fortpflanzungsgeschwindigkeit erwartet werden. Durch den Nachweis, dass in der Luft thatsächlich elektrische Wellen entstehen können, war nun in der That die Endlichkeit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit erwiesen. Die zahlenmässige Bestimmung der in Frage kommenden Grössen ist freilich noch nicht bis zu der Vollkommenheit durchgeführt, dass eine bestimmte Theorie, die Maxwellsche oder eine der Helmholtzschen mit positivem k allein allen Erfahrungen gerecht zu werden vermöchte; aber wir können doch sagen, dass von allen Theorieen diejenige Maxwells am leichtesten und übersichtlichsten sich den bisherigen Erfahrungen anpasst.

Ist so auch von der experimentellen Seite dem Gleichungssysteme Maxwells ein Vorzug zuzugestehen, so würde doch der Ausspruch Hertz' in einer seiner späteren Arbeiten noch nicht hinreichend gerechtfertigt sein: „dass es nämlich nun nicht mehr zweckmässig erscheint, diese Gleichungen aus Vermutungen über die elektrische und magnetische Constitution des Äthers und über das Wesen der wirkenden Kräfte als aus bekannten Dingen herzuleiten, wie es dem historischen Gange entspricht. Viel eher ist es zweckmässig, an diese Gleichungen die weiteren Vermutungen über die Constitution des Äthers anzuknüpfen.“ Dieser Ausspruch erlangt erst seine Rechtfertigung dadurch, dass noch zwei Vorzüge in der Maxwellschen Theorie vereinigt sind. Erstens ergiebt diese Theorie die Möglichkeit des Entstehens von Wellenbewegungen mit allen den Eigenschaften, wie sie an den Lichtwellen bekannt sind und gestattet daher die optischen und elektrischen Erscheinungen als wesentlich zusammenhängende zu betrachten. Dieser Gewinn erhält aber erst durch den zweiten Vorzug dieser Theorie seinen eigentlichen Wert.

Maxwell [15]) hat in seiner mathematischen Darstellung der elektrischen Erscheinungen mit den Faradayschen Anschauungen allein nicht auskommen können, sondern, um auch das Gebiet der Induktionserscheinungen zu umfassen, ohne eine neue Hypothese einführen zu müssen, sieht er ein jedes System elektrischer und magnetischer Körper an als ein System mechanisch irgendwie in uns unbekannter Weise mit einander verknüpfter materieller Teilchen, auf welches jedenfalls die ganz allgemeinen Gleichungen der analytischen Mechanik, wie sie schon von Lagrange aufgestellt sind, anwendbar sein müssen. Insbesondere werden jene ganz allgemeinen Gesetzmässigkeiten, zu den Lagrange durch seine berühmte Transformation auf völlig willkürliche Coordinaten gelangte, auch hier ihre Gültigkeit haben müssen.

Wir können uns wenigstens ein ungefähres Bild von diesen allgemeinen mechanischen Sätzen machen, wenn wir das Beispiel eines in Cardanischer Aufhängung befestigten Kreisels betrachten. So lange der Kreisel sich selbst überlassen rotiert, werden wir keine Veränderung an dem System wahrnehmen, ja wir werden bei einem gut geglätteten und gleichmässig gefärbten Rotationskörper nicht einmal die Rotation selbst erkennen können.

---

[14]) H. Hertz, *Wied. Ann. 31, 34, 36, 37, 42.*

[15]) Maxwell, *Roy. Soc. Trans. 1864.*

Sobald wir jedoch der Axe des Kreisels eine andere Richtung zu geben versuchen, fühlen wir deutlich, dass eine Kraft dieser Veränderung sich widersetzt. Die Ursache dieser Kraft liegt in der vorhandenen Rotationsbewegung, die sich eben hierin uns stets offenbaren würde, wenn wir sie direkt auch nicht wahrnehmen könnten. In eben derselben Weise können in einem System von Körpern für uns nicht wahrnehmbare innere Bewegungen existieren und diese die Veranlassung zu Kraftwirkungen werden, die in den Bereich der sichtbaren Erscheinungen eingreifen. Von derartigen Kräften und ihren Beziehungen zu den sichtbaren Bewegungen und der lebendigen Kraft der nicht wahrnehmbaren inneren Bewegung handeln die Lagrangeschen Gleichungen.

Hiervon macht nun Maxwell die Anwendung, dass er sagt: Da ja jedenfalls auch die elektrischen Erscheinungen innerhalb des Rahmens mechanischen Geschehens ablaufen, so müssen auch in ihnen diese allgemeinen Gesetzmässigkeiten erfüllt sein, d. h. der Grund der Kräfte muss in solchen verborgenen Bewegungen liegen, und aus der Art der Kräfte müssen wir rückwärts schliessend zu der Art der Bewegung gelangen. Indem er von diesem Gesichtspunkt aus die Lagrangeschen Gleichungen anwendet, gelingt es ihm auch, zu dem mathematischen Ausdruck für die Induktionsvorgänge zu gelangen, ohne einer besonderen Hypothese zu bedürfen. Die Bedeutung dieses Schrittes tritt dadurch noch mehr hervor, dass gerade diejenige Gruppe von Gleichungen sich aus den allgemeinen mechanischen Gleichungen gewinnen lässt, welche für die Maxwellsche Theorie charakteristisch ist, im Gegensatz zu den anderen Theorieen. Von dieser Gleichungsgruppe haben ferner H. Hertz[16]) und E. Cohn[17]) gezeigt, dass sie allein genügt, um die Theorie der gesamten elektrischen Erscheinungen zu entwickeln, und Boltzmann[18]) hat dann auch schon versucht, die ganze Theorie auf der reinen Mechanik wirklich einheitlich aufzubauen. Nachdem die Maxwellsche Theorie aber auf dieses Fundament hat gestellt werden können, enthält sie in der That sehr viel weniger Hypothetisches als irgend eine andere Theorie; denn das Hypothetische liegt hier nur noch darin, ob die Art der Deutung der Lagrangeschen allgemeinen Funktionen auf die einzelnen elektrischen Grössen in der Art, wie Maxwell sie giebt, die richtige ist, oder ob hier noch einige Verschiebungen in den Begriffen vorgenommen werden müssen. In derartigen Unterschieden bestehen denn in der That auch nur die Differenzen zwischen den neuesten Versuchen zu weiterem Ausbau der Theorie, wie die von Heaviside[19]), Ebert[20]) u. a. Hier kann allein die Erfahrung den Prüfstein geben, und der oben citierte Ausspruch von Hertz würde dann folgendermaassen aufzufassen sein: Soweit die Maxwellschen Grundgleichungen in der Erfahrung ihre Bestätigung finden, soweit ist auch die Maxwellsche Deutung der unbestimmten Funktionen in den Lagrangeschen Gleichungen richtig und fordert dazu auf, jene Funktionen weiter zu untersuchen, um schliesslich von diesen zurückschliessen zu können auf die in ihnen nach ihrer Einführungsweise implizite enthaltenen Coordinaten der Massenteilchen, und damit solche Bewegungen materieller Teilchen construieren zu können, aus welchen Erscheinungen folgen, wie sie die Maxwellschen Gleichungen beschreiben.

Man könnte dieser Herleitungsweise der elektrodynamischen Erscheinungen aus den Lagrangeschen Gleichungen den Vorwurf machen, dass ihr die Anschaulichkeit fehlt, es ist alles nur zur mathematischen Formel gemacht. In der That enthalten ja die Lagrangeschen Gleichungen nur rein mathematische, d. i. formale Wahrheiten, die zunächst jedes physikalischen Inhaltes entbehren, und, wenn gezeigt wird, dass die erfahrungsmässig bekannten Gesetze der Elektrodynamik mit dieser allgemeinen Dynamik in Einklang zu bringen sind, so ist damit zunächst gar keine Erkenntnis von dem Wesen der elektrischen

[16]) H. Hertz, *Wied. Ann. 40, 41, 1890.*

[17]) E. Cohn, *Wied. Ann. 40, 1890.*

[18]) Boltzmann, *Vorlesungen über Maxwells Theorie, Leipzig 1891 u. 1893.*

[19]) Heaviside, *Electrician 1885. Phil. Mag. 1878, 1887, 1888, 1889.*

[20]) Ebert, *Wied. Ann. 51, 1894.*

Vorgänge geschaffen, sondern es ist nur bestätigt gefunden, was eigentlich garnicht bezweifelt wurde, dass nämlich der ganze Zusammenhang in der leblosen Natur auf rein mechanische Weise seine Erklärung finden muss. Das Wesentliche der thatsächlichen Zurückführung auf die allgemeine Dynamik besteht jedoch darin, dass unter den noch ganz allgemeinen und willkürlichen Lagrangeschen Funktionen gewisse näher bestimmte haben angegeben werden können, derart, dass durch Einführung dieser an Stelle jener der ganz allgemeine Mechanismus so spezialisiert ist, dass er nunmehr gerade die elektrischen Vorgänge wiedergiebt. Aus allen möglichen Bewegungszuständen materieller Teilchen ist also eine speziellere Gruppe herausgesucht, und es wird nun weiter die Aufgabe sein, durch immer genaueres Eingehen in die Einzelheiten der Erfahrung, auch diese Gruppe, die an sich immer noch einen sehr allgemeinen Charakter trägt, immer enger zu spezialisieren, so dass schliesslich immer weniger verschiedene Möglichkeiten von Bewegungszuständen als der Erfahrung genügend übrig bleiben, bis zuletzt der eine wahre aufgefunden ist.

Während man also früher von dem freilich sehr anschaulichen Gravitationsgesetze ausging, dann aber dieses mit fortschreitender Erkenntnis zu dem Weberschen Gesetze erweitern musste und dann wieder zu diesem Ergänzungsannahmen über gewisse Constanten oder über Molekularwirkungen machen musste und schliesslich zu der garnicht mehr anschaulichen von C. Neumann eingeführten mit der Zeit sich ausbreitenden direkten Wirkung in die Ferne gelangte; während also diese ältere Methode mit zwar Anschaulichem, aber willkürlich Construiertem, beginnt, darf es dieser Maxwellschen Schlussweise nicht mehr zum Vorwurf gemacht werden, dass sie so wenig anschaulich ist; denn es ist gerade ihr Vorzug, dass sie nicht eher zu speziellen Anschauungen fortschreitet, als bis die Berechtigung derselben erwiesen ist. So dürfte wohl die theoretische Physik, nachdem die Möglichkeit dieses Standpunktes erkannt ist, nunmehr zu einer Forschungsweise gelangt sein, durch die ihr das bisherige Umhertappen erspart werden kann, und die wenn auch zunächst nur unendlich mühsam, aber doch schrittweise und auf wohlgesichertem Wege vorwärts führt.

Von denen, die nunmehr auf dieser Grundlage weitergearbeitet haben, ist wieder in erster Linie Helmholtz[21]) zu nennen. In einer Reihe von mehr mathematischen Arbeiten entwickelte er zunächst eine eingehende Theorie von denjenigen der allgemeinen Bewegungsgleichungen, die für die Elektrodynamik besondere Bedeutung haben; es sind dies solche, in denen in sich zurücklaufende, sogenannte cyklische Bewegungen behandelt werden. Diese Theorie verknüpft die Untersuchungen über Wirbelbewegungen in Flüssigkeiten mit den in sich zurücklaufenden elektrischen Strömen und auch mit jeder andern Art von Kreisprozessen. In einer andern schon mehr physikalischen Arbeit zeigte Helmholtz, dass durch das Maxwell-Hertzsche Gleichungssystem das Prinzip der kleinsten Wirkung erfüllt wird. Dieses Prinzip ist ebenso wie das der Erhaltung der Energie an sich ganz allgemein gültig, die Bedeutung seiner Gültigkeit in diesem Falle liegt jedoch darin, dass wir hierdurch erst die Berechtigung erhalten, anzunehmen, dass in jenen Gleichungen die elektrischen Vorgänge auch schon vollständig beschrieben sein können. Würde diese Gültigkeit sich nicht bestätigt haben, so müssten wir schliessen, dass noch irgend weitere uns bisher verborgene Kräfte mit wirksam sein müssen oder dass noch nicht in Rechnung gesetzte Energie irgendwo gewonnen oder verloren geht. Da ferner das Prinzip der kleinsten Wirkung eine Aussage über die Differenz der kinetischen und potentiellen Energie enthält und der Satz der Erhaltung der Energie die Constanz der Summe beider behauptet, so eröffnet sich hierdurch eine Möglichkeit, einmal endgültig trennen zu können, welcher Anteil an den Erscheinungen auf Bewegung allein, und welcher unmittelbar auf die Wirksamkeit von Kräften zurückzuführen ist.

Eine andere Art, die Theorie weiter auszubauen, ist von Boltzmann versucht. Dieser entwickelte besonders die auch schon von Maxwell angewandte Methode der Dar-

[21]) Helmholtz, *Borch. Journ. 1884 u. 1886*, *Wied. Ann. 47*, *1892*.

stellung durch Modelle, indem er zeigte, wie die Gleichungen, die uns den complizierten elektrischen Mechanismus darstellen sollen, in ihren einfachen Gestalten anschauliche Bewegungen und Abhängigkeitsverhältnisse darstellen, die wir leicht in mechanischen Modellen mit Rädern und Schnurläufen verwirklichen können. Wird dadurch auch nicht der wirkliche, gesuchte Mechanismus dargestellt, so machen doch diese „dynamischen Illustrationen“ es fasslich, dass so complizierte Vorgänge wie die elektrodynamischen dennoch aus den wohl bekannten einfachen Mechanismen entspringen können. Zugleich bieten diese Modelle eine Handhabe für die Forschung, um aus den auf der einen Seite klar durchschauten Zusammenhang des Modelles durch Analogie auf neue Gesetzmässigkeiten und Prüfsteine für die Theorie zu schliessen.

Eine dritte Gruppe von Arbeiten für den Weiterbau ist unter den deutschen Forschern neuerdings durch Ebert[22]) vertreten. In dieser Richtung von Arbeiten wird für irgend einen Teil der in der Elektrodynamik zu behandelnden Erscheinungen eine anschauliche Bewegungsform angenommen, und dann gezeigt, in welcher Abhängigkeit von dieser Bewegung sich dann alles andere gruppieren muss. Ebert z. B. nimmt an, dass um die magnetischen Kraftlinien herum eine Wirbelbewegung oder wenigstens eine cyklische bestehe und zeigt, dass hierauf allein sich die ganze Theorie aufbauen lasse, sobald die elektrischen Kräfte in bestimmter mathematischer Abhängigkeit von den Bestimmungsstücken jener Wirbel gedacht werden. Gelänge es nun auch noch, mit dieser mathematischen Beziehung eine anschauliche Vorstellung zu verbinden, so wäre für die ganze Elektrizitätslehre ein neuer Ausgang gewonnen.

Noch eine Reihe bedeutender Arbeiten über die Maxwellsche Theorie könnten hier genannt werden, die teils tiefer einzudringen versuchen in einzelne Punkte des Ganzen, teils aber, wie vor allen die Darstellung Poincarés[23]), den klaren, einheitlichen Aufbau und die systematische Durchbildung des Ganzen im Auge haben. So ist diesem im besonderen die Hervorhebung der charakteristischen Verschiedenheit der Maxwellschen und Helmholtzschen Gleichungen zu danken. Auf der andern Seite versucht Föppl[24]) die für die ganze Elektricitätslehre so äusserst fruchtbringende Rechnungsweise mit Vektoren dem deutschen Leser zugänglich zu machen. Doch kann diese Arbeit nicht geschlossen werden ohne den Hinweis auf die letzte, so sehr bedeutungsvolle Arbeit von Hertz[25]) über die Prinzipien der Mechanik. Hier wird zum erstenmal, abweichend von der alten Darstellungsweise der Mechanik, und auch im Gegensatz zu der jetzt so gebräuchlichen Ableitung aus dem Hamiltonschen oder einem demselben gleichwertigen Prinzipe, die Idee der verborgenen Bewegungen eingeführt als Leitfaden für die Anordnung der elementaren Sätze der Mechanik.

Einfache Herleitung der Grundformeln der sphärischen Spiegelung und Brechung aus dem Huygensschen Prinzip.

Von

Professor Dr. **Walter König**, Dozenten am physikalischen Verein zu Frankfurt a. M.

Von dem Huygensschen Prinzipe pflegt man in der elementaren Optik nur Gebrauch zu machen, um die geradlinige Ausbreitung des Lichtes und das Grundgesetz der Reflexion und Brechung, d. h. den Vorgang der Reflexion und Brechung einer ebenen Welle an einer ebenen Grenzfläche zweier Mittel, aus den Vorstellungen der Undulationstheorie herzuleiten. Es sind das die bekannten Construktionen, die sich in jedem Lehrbuche finden. In der Katoptrik und Dioptrik dagegen bedient man sich, anknüpfend an

---

[22]) Ebert, *Wied. Ann. 52, 1894.*

[23]) Poincaré, *Electricité et Optique, Paris 1890.*

[24]) Föppl, *Einführung in die Maxwellsche Theorie, Leipzig 1894.*

[25]) H. Hertz, *Über die Prinzipien der Mechanik, Leipzig 1894.*

den Anblick der optischen Experimente, ausschliesslich des Begriffes der Lichtstrahlen, mit diesen operiert man rein geometrisch und hinsichtlich der Eingliederung dieses Gebietes in das übrige System der Optik begnügt man sich damit, nur die Grundlagen dieses Gebietes durch die oben genannten beiden Construktionen mit der Undulationstheorie in Beziehung zu setzen. Dass die übliche Behandlungsweise der geometrischen Optik nicht für alle Probleme ausreicht, ist bekannt; z. B. für die Erscheinungen in Medien mit stetig veränderlichem Brechungsexponenten ist ein Zurückgehen auf die Wellenflächen erforderlich. Es ist ferner in neuerer Zeit darauf hingewiesen worden, dass für das Zustandekommen einer optischen Abbildung die blosse Vereinigung von Strahlen, die von einem Punkte ausgehen, in einem anderen Punkte nicht genügt; es muss daneben die Bedingung erfüllt sein, dass die Strahlen mit gleicher Phase im Bildpunkte zusammentreffen. Man bedarf also des besonders zu führenden Nachweises, dass diese Bedingung bei den üblichen Arten der Strahlenvereinigung stets erfüllt ist, d. h. die optischen Längen für alle Strahlen zwischen conjugierten Punkten stets die gleichen sind. Dieser Umstand entfällt, wenn man die Abbildungsgesetze von vorn herein aus der Betrachtung der Wellenflächen unter Anwendung des Huygensschen Prinzipes ableitet. Man gewinnt damit zu gleicher Zeit den Vorteil einer einheitlichen Darstellung, wenn man die Thatsachen der geometrischen Optik nicht für sich sondern als Teil der physikalischen Optik zu behandeln hat. Das Werk von Huygens ist auch hierin vorbildlich. Im letzten Kapitel seiner Abhandlung über das Licht („Über die Gestalt der durchsichtigen Körper, welche zur Brechung und Zurückwerfung dienen“) hat er einige der wichtigsten Probleme über die Reflexion und Brechung an gekrümmten Flächen nach seinem Prinzipe behandelt. Eine Ableitung der uns heute geläufigen Formel für die Linsen und sphärischen Spiegel hat er jedoch nicht gegeben; diese Formel war in ihrer allgemeinen Fassung zu jener Zeit überhaupt noch nicht bekannt. Dass auch sie in ganz einfacher und elementarer Weise mit Hilfe der Huygensschen Construktion gefunden werden kann, soll im Folgenden gezeigt werden. Es wird sich dabei ergeben, dass die Formeln in dieser Ableitung eine einfache, unmittelbar anschauliche, physikalische Bedeutung besitzen, die ihnen bei der anderen Art ihrer Herleitung nicht in gleichem Maasse zukommt. Die Construktionen beruhen auf der Anwendung folgenden Hilfssatzes.

Es sei (Fig. 1) MN ein Stück eines Kreises, um C mit dem Radius r beschrieben; eine durch C gehende Gerade schneide den Kreisbogen in O. Die Coordinaten eines O benachbarten Punktes P des Kreises, bezogen auf OC als Abscissenaxe und auf die Tangente in O als Ordinatenaxe, seien x und y. Dann besteht, wie leicht zu ersehen ist, die Beziehung:

$$1)\qquad x = r\left(1 - \sqrt{1 - \frac{y^2}{r^2}}\right).$$

Nimmt man y sehr klein gegen r, d. h. beschränkt man sich auf Punkte P, die sehr nahe am Scheitel O liegen, so lässt sich für obige Gleichung in erster Annäherung schreiben:

$$2)\qquad x = \frac{y^2}{2r}.$$

Fig. 1.

Die Grössen x sind also von der zweiten Ordnung unendlich klein gegen r, wenn die Grössen y von der ersten Ordnung unendlich klein gegen r genommen werden. Man sieht ferner, dass wenn mehrere Kreise mit verschiedenen Radien gegeben sind, für Punkte mit gleichem y die x den Radien der Kreise umgekehrt, den Werten ihrer Krümmung also direkt proportional sind. Es seien zwei Kreise gegeben mit den Radien r_0 und r_1; die Werte von x seien für gleiche y, x_0 und x_1, also:

$$x_0 = \frac{y^2}{2r_0} \quad \text{und} \quad x_1 = \frac{y^2}{2r_1}.$$

Dann definiert die Beziehung:

3) $$x_2 = m x_0 + n x_1$$

einen dritten Kreis, dessen Radius r_2 bestimmt ist durch die Gleichung:

4) $$\frac{1}{r_2} = \frac{m}{r_0} + \frac{n}{r_1}.$$

Eine Beziehung solcher Art ergiebt sich unmittelbar, wenn man an der Hand der Huygensschen Construktion die Umgestaltung verfolgt, die eine sphärische Welle durch Spiegelung oder Brechung an einer Kugelfläche erleidet. Um die Constructionen nicht zu verwirren, mögen die Fälle der Spiegelung und der Brechung gesondert behandelt werden.

Gegeben sei ein leuchtender Punkt A und ein sphärischer Spiegel mit dem Mittelpunkte C. Da um AC alles symmetrisch ist, genügt es, die Constructionen in einem durch AC gelegten ebenen Schnitt auszuführen. Es bedeute also in unserer Zeichnung (Fig. 2) M_0ON_0 den sphärischen Spiegel mit dem Radius r_0. M_1ON_1 bedeute die vom leuchtenden Punkte A ausgegangene kugelförmige Lichtwelle in der Lage, die sie beim Durchgange durch den Punkt O haben würde, wenn der Spiegel nicht vorhanden wäre. Die reflektierte Welle erhält man, indem man um die Punkte der Spiegeloberfläche Elementarwellen beschreibt, deren Radius für jeden Punkt der Oberfläche gleich der Strecke ist, um die dieser Punkt dem leuchtenden Punkt A näher (oder ferner) liegt als der Punkt O. Die Einhüllende dieser Schaar von Elementarwellen ist auf der einen Seite die einfallende, auf der anderen Seite die reflektierte Welle. Beschränkt man sich auf Teile der Wellenflächen, die dem Scheitelpunkte O unendlich nahe liegen, so können die Radien der Elementarwellen in erster Annäherung gleich den horizontalen Abständen der Spiegeloberfläche von der einfallenden Welle einerseits, von der reflektierten andererseits gesetzt werden, also gleich den Differenzen der Abscissen, die von der allen drei Kurven gemeinsamen Tangente in O aus gerechnet werden. Diese Abscissen sollen für gleiche Werte von y bezeichnet werden

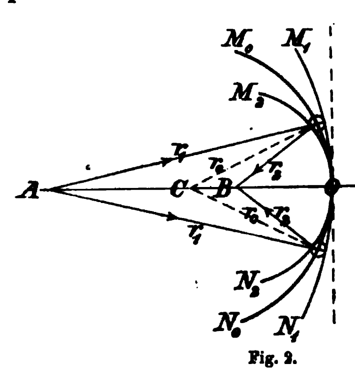


Fig. 2.

mit x_0 für die spiegelnde Fläche,
mit x_1 für die einfallende Welle,
mit x_2 für die reflektierte Welle.

Der Radius der Elementarwellen ist dann offenbar in erster Annäherung $= x_0 - x_1$, und die reflektierte Welle ist dadurch gegeben, dass

$$x_2 - x_0 = x_0 - x_1$$

oder

$$x_2 = 2\,x_0 - x_1$$

sein muss. Nach dem Hilfssatze ist also die reflektierte Welle ebenfalls kugelförmig, ihr Radius ist bestimmt durch die Gleichung:

$$\frac{1}{r_2} = \frac{2}{r_0} - \frac{1}{r_1}.$$

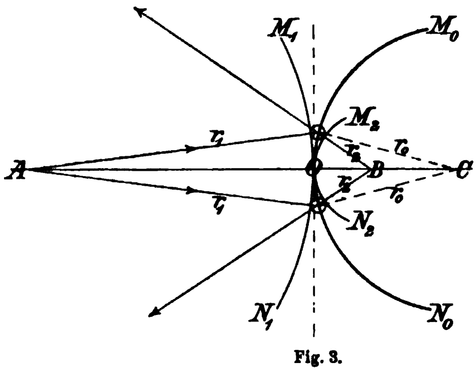


Fig. 3.

Das Centrum dieser reflektierten Kugelwelle ist der zu A conjugierte Bildpunkt B. Er ist reell, wenn die reflektierte Welle concav ist gegen die Richtung, in der sie fortschreitet, virtuell im entgegengesetzten Falle. Fig. 2 giebt die Construktion für einen Hohlspiegel, Fig. 3 für einen Convexspiegel. In letzterem Falle lautet die Gleichung, welche die reflektierte Welle bestimmt, wenn man die absoluten Werte der x nimmt:

$$x_1 + x_0 = x_2 - x_0;$$

berücksichtigt man aber, dass r_0 und r_2 in diesem Falle negativ zu nehmen sind, so erhält man dieselbe Gleichung wie oben:

$$\frac{1}{r_2} = \frac{2}{r_0} - \frac{1}{r_1}.$$

Nennt man die Abstände der Punkte A und B von O in der üblichen Weise a und b (statt r_1 und r_2), so hat man die bekannte Gleichung:

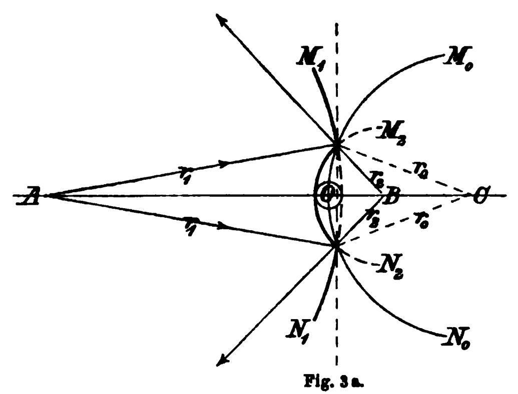
$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{2}{r_0}.$$

Die Maassverhältnisse in den Figuren 2 und 3 sind:

$r_0 = +6 \qquad a = +12 \qquad b = +4$

$r_0 = -6 \qquad a = +12 \qquad b = -2,4.$

Zieht man es in Fällen wie Fig. 3 vor, die reflektierte Welle so zu zeichnen, wie sie wirklich vor dem Spiegel liegt, nachdem die einfallende Welle einen Teil des Spiegels überstrichen hat, so muss man die Construktion etwa wie in Fig. 3a ausführen; da alsdann die Scheitelpunkte der drei Kugelflächen nicht mehr zusammenfallen, so bedarf der Ansatz der Gleichung einer leicht ersichtlichen Modifikation. Im Prinzip ist die Ableitung die gleiche wie vorhin.


Fig. 3a.

Für die Brechung an einer Kugelfläche verfährt man in derselben Weise, nur müssen für die in das Innere des zweiten Mediums eindringende Welle die Radien der Elementarwellen in dem Maasse verkürzt werden, als die Lichtgeschwindigkeit im zweiten Medium kleiner als im ersten ist. Bedeuten v_1 und v_2 diese Lichtgeschwindigkeiten ($v_1/v_2 = n$), so ist die gebrochene Welle (Fig. 4) gegeben durch die Bedingung:

$$\frac{x_0 - x_1}{v_1} = \frac{x_0 - x_2}{v_2}$$

oder $$n x_2 = (n-1)\, x_0 + x_1.$$

Berücksichtigt man, dass in dem dargestellten Falle nach der üblichen Bezeichnungsweise r_2 und r_0 negativ zu rechnen sind, so kommt man auf die bekannte Gleichung:

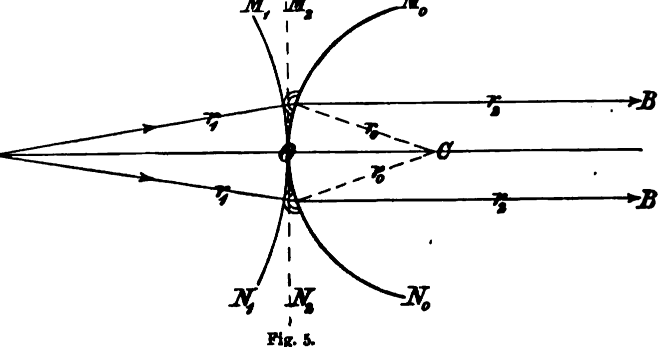
$$\frac{1}{r_1} + \frac{n}{r_2} = \frac{n-1}{r_0}$$

oder $$\frac{1}{a} + \frac{n}{b} = \frac{n-1}{r_0}.$$

Fig. 4.

In dem gewählten Beispiele ist die Brechung an einer concaven Grenzfläche von Luft und Glas ($n = 1,5$) dargestellt; $r_0 - 6$, $a = +12$, $b = -9$.

Fig. 5 stellt unter denselben Bedingungen die Brechung an einer convexen Glasoberfläche dar; die einfallende Kugelwelle geht in diesem Falle in eine ebene Welle über: $r_0 = +6$, $a = +12$, $b = \infty$.


Fig. 5.

Wie sich durch wiederholte Anwendung derselben Construktion die Wirkung mehrerer spiegelnder oder brechender Flächen darstellen lässt, bedarf keiner näheren Ausführung.

Endlich lässt sich der allgemeine Fall eines beliebigen, unendlich dünnen optischen Systems, das durch seine Brennweite definiert ist, folgendermaassen behandeln (Fig. 6).

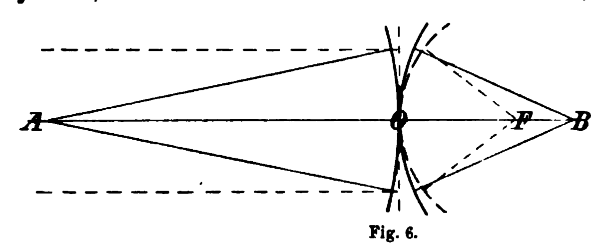


Fig. 6.

Die Wirkung des Systems besteht darin, eine einfallende ebene Welle in eine Kugelwelle vom Radius f zu verwandeln, d. h. den Punkten der einfallenden Welle horizontale Verschiebungen (positive oder negative, relative Beschleunigungen oder Verzögerungen, je nach dem Vorzeichen von f) zu erteilen, die durch die Gleichung:

$$x_0 = \frac{y^2}{2f}$$

gegeben sind. Die gleichen Verschiebungen erteilt das System den entsprechenden Punkten jeder anderen einfallenden Welle. Ist die letztere eine sphärische Welle, die vom leuchtenden Punkte A ausgeht $(OA = a)$, so liegen die Punkte gleicher Phase um $x_1 = y^2/2a$ vor den entsprechenden Punkten der ebenen Welle, d. h. der Tangentialebene in O. Durch die Einwirkung des Systems erfahren diese Punkte die Verschiebungen x_0 und sie liegen daher in der resultierenden Welle um dieselben Strecken x_1 vor den Punkten der Kugel mit dem Radius f. Die austretende Welle ist also bestimmt durch die Gleichung:

$$x_2 = x_0 - x_1$$

oder

$$x_1 + x_2 = x_0$$

d. h.

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}.$$

Bei dieser Art der Herleitung springt der einfache physikalische Sinn der Formeln in die Augen. Sie drücken im letzten Grunde nichts anderes aus als die Phasengleichheit der eintretenden und der austretenden Welle.[1])

Physikalische Aufgaben.

11. Den Gang der Lichtstrahlen zu berechnen, die von einem um 250 mm (die deutliche Sehweite) entfernten Punkte ausgehend die Netzhaut treffen.

In einer ganz genügenden Annäherung sind die hier vorkommenden Krümmungsradien, bei normalem Zustande, 8, 10 und 6 mm, und zwar beziehungsweise an der Hornhaut, an der äusseren Linsenfläche (bei der Pupille) und an der inneren Linsenfläche. Überdies beträgt die Dicke der vorderen Augenkammer mit Einrechnung der Hornhaut 4 mm und ebenso viel auch die Dicke der Linsen.

Die brechenden Medien haben — von der dünnen Hornhaut wird abgesehen — die Brechungsverhältnisse 1,3465, und zwar sowohl die wässrige als die die grosse Augenkammer füllende gelatinöse Flüssigkeit, wofür ich im folgenden 4/3 setzen werde wie beim Wasser; ferner ist 1,4545 das Verhältnis für die Linse (zur Luft), wofür ich mit 3/2 rechnen werde wie beim Glase.[1])

Erstes Verfahren: Nach der bekannten Formel

$$\frac{1}{a} + \frac{n}{a_1} = \frac{n-1}{r}$$

ist für den Eintritt des Lichtes in die vordere Augenkammer zu schreiben

---

[1]) Eine andere Anwendung desselben Hülfssatzes findet sich bei Czapski, *Theorie der opt. Instrum., Breslau 1893, S. 108;* desgl. in dem Citat aus Rayleigh, ebenda *S. 66.*

[1]) Das ist zutreffender als die gelatinöse Flüssigkeit „Glasflüssigkeit" zu nennen, weil diese Bezeichnung eine mit der Optik im Widerspruch stehende Vorstellung wecken könnte. Wegen der Zahlen s. u. a. Ferraris' Buch, das ich in drei Abhandlungen vom Jahre 1889 und 1891 des bis dahin bestandenen „Repertoriums der Physik" mehrfach benutzte.

$$\frac{1}{250} + \frac{4}{3a_1} = \frac{1}{3.8},$$

woraus $a_1 = 35{,}4$.

Für den Übertritt in die Linse kommt dann

$$\frac{1}{-31{,}4} + \frac{9}{8a_2} = \frac{1}{8.10},$$

woraus a_2, wenn ich den ersten Nenner zur leichteren Rechnung -32 sein lasse, nahe $= 26$ sich ergiebt; ohne diese Abänderung kommt 25,4 heraus.

Endlich drittens tritt der Strahl in die dem Volumen nach vorherrschende Masse ein; rechnet man weiter mit 26, so ist

$$\frac{1}{-22} + \frac{8}{9.a_3} = \frac{-1}{9.-6},$$

woraus $a_3 = 14$ hervorgeht; mit dem Nenner $-21{,}4$ statt -22 erhält man $a_3 = 13{,}6$ mm.

Also ist die ganze Länge des Auges in der optischen Axe 22 oder 21,6 mm, was mit Ferraris' Angabe nahe übereinstimmt.

Teilweise anderes Verfahren: Bezüglich der vorderen Augenkammer bleibt das Vorige; aber alsdann benutzt man die Linsenformel mit der Dicke Null

$$\frac{1}{b} + \frac{1}{b_1} = (n-1)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r_1}\right).$$

Für diese muss die Objektweite gleich $= -a_1$ (s. oben) $+ 4 +$ diejenige Strecke gesetzt werden, welche vom vorderen Scheitelpunkte der Linse bis zum optischen Mittelpunkte derselben reicht. Denn da wollen wir uns die ideale Linse von der Dicke Null statt 4 denken. Dieser optische Mittelpunkt teilt letztere Strecke 4 im umgekehrten Verhältnisse der Linsenradien 10 und 6; also ist

$$b = -a_1 + 6{,}5 = -29,$$

da ich die obige Angabe für a_1 $-31{,}5$ statt $-31{,}4$ sein liess. Folglich

$$\frac{1}{-29} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{8}\cdot\left(\frac{1}{10} + \frac{1}{6}\right),$$

oder $b_1 =$ nahezu 15.

Dieses b_1 ist aber vom optischen Mittelpunkte der Linse aus bis zur Netzhaut gezählt; obiges a_3 mit nahe 13,5 mm vom hinteren Scheitel der Linse aus, der genannte Mittelpunkt liegt aber $1^1/_2$ mm von dem genannten Scheitelpunkte, also stimmt die zweite Rechnung mit der ersten.

Welcher von beiden Wegen didaktisch vorzuziehen sei, mag als Geschmacksache ausser Streit bleiben. Ich ziehe den ersteren Weg, der mit einer einzigen Formel ausreicht, vor.[2])

Drittes Verfahren mit Berücksichtigung der Linsendicke 4 und der Knotenpunkte der Linse. Aus der ersten Formel, wenn man darin als Bildpunkt den optischen Mittelpunkt benutzt, erhält man den vorderen Knotenpunkt, der um k hinter dem vorderen Scheitel liegt. Also ist

$$\frac{1}{-k} + \frac{9}{8.2{,}5} = \frac{1}{8.10},$$

woraus $k = 16/7$ mm. Ebenso bestimme ich gleich die Lage des hinteren Knotenpunktes, der um k_1 vor dem hinteren Scheitel liegt, aus der Gleichung

$$\frac{1}{-k_1} + \frac{9}{8.1{,}5} = \frac{1}{8.6},$$

woraus $k_1 = 48/35$ mm; dass dieses Resultat 3/5 des vorigen sein muss, welches Verhältnis oben auch beim optischen Mittelpunkte vorkam, hätte man auch zur Bestimmung von k_1 mittels k benutzen können.

---

[2]) Im Leitfaden der Physik von v. Beetz-Henrici, dessen 11. Auflage vom Jahre 1893 erschien, ist diese Formel durch § 471, die Linsenformel durch § 472 gegeben, ohne dass im letzteren Paragraphen der vorige benutzt worden wäre, was doch so nahe lag. Über die 10. Auflage enthält meine in Anmerkung 1 genannte Abhandlung vom Jahre 1891 die Anmerkungen 4—6 zu § 474 des Buches, welche aber in der 11. Auflage unbenutzt blieben.

Nun zur Brennweite der Linse:

$$p = \frac{n}{n-1} \cdot \frac{r_1 r_2}{n(r_1 + r_2) - (n-1)d} = 9 \cdot \frac{60}{18 - 0{,}5} = \frac{216}{7}, \text{ nahe } 31.$$

Man kann jetzt wiederum die gewöhnliche Linsenformel gebrauchen,

$$\frac{1}{c} + \frac{1}{c_1} = \frac{1}{31},$$

nur dass jetzt die Objektweite sich bis zum vorderen Knotenpunkte erstreckt und die Bildweite beim hinteren Knotenpunkte anfängt.

Setzt man $c = -31{,}4 + 16/7 = -31{,}4 + 2{,}3 = -29$ nahezu, so wird

$$c_1 = \frac{31 \,.\, 29}{60} = \frac{900}{60} = \text{nahezu } 15.$$

Davon geht ab 48/35 oder nahezu 1,4, so dass 13,6 die Entfernung des hinteren Scheitelpunktes bis zur Netzhaut wird wie oben.

Die dritte Methode, die am meisten Vorkenntnisse erheischt, kann für den Unterricht ausser Acht bleiben. Ähnlich lautete mein Schluss auch vor drei Jahren in der genannten Abhandlung. Will man aber die letzte Formel, die auch aus der ersten leicht abgeleitet wird, hereinziehen, so lasse man wenigstens die „Hauptpunkte“ beiseite oder, mit anderen Worten, mit den Knotenpunkten zusammenfallen, indem man, wenn die Linse von zweierlei Medien berührt wird, das erste Medium von der Dicke Null zwischen die Linse und das zweite resp. dritte Medium in Gedanken einschiebt.

Zusatz: Würde der leuchtende Punkt im Unendlichen angenommen, so rückte das Bild der Linse um nur 1 mm näher. *Prof. Dr. Kurz, Augsburg.*

Kleine Mitteilungen.

Ein Apparat zur Demonstration der Linsenwirkung mit Vorrichtung zur Vertauschung der Medien von Linse und Umgebung.

Von Professor Dr. **K. Haas** in Wien.

In ein prismatisches Gefäss sind zwei Hohllinsen (eine Biconcavlinse und eine Biconvexlinse) eingesetzt, welche oben und unten röhrenförmige Ansätze tragen, die durch den Deckel resp. den Boden des Gefässes hinausragen. Die durch den Boden gehenden Röhren sind durch Hähne verschliessbar. Durch den Deckel können Trichter zum Füllen der Linsen eingesetzt werden. Von den Seitenwänden des Gefässes sind die beiden längeren aus Glas, die Querwände hingegen undurchsichtig, aber mit Fenstern zum Eintritt resp. Austritt des Lichtes versehen. Vor den Fenstern befinden sich Falze zum Einsetzen von adiathermanen Gläsern. Das prismatische Gefäss ist auf einem Dreifuss aus Metall drehbar befestigt. Am Boden des Gefässes ist eine Ablassröhre mit Hahn angebracht.



Beim Gebrauche werden die Linsen mit lichtbrechender Flüssigkeit gefüllt. In das Gefäss wird Rauch eingeblasen und sodann der Deckel aufgesetzt. Lässt man nun durch die Fenster in den Querwänden Licht eintreten, so wirkt natürlich die Biconvexlinse als Zerstreuungslinse. Hierauf hebt man den Deckel ab, öffnet die Hähne an den Röhrenansätzen (natürlich nachdem man Gefässe zum Auffangen der Flüssigkeit untergestellt hat) und füllt das Gefäss mit der betreffenden Flüssigkeit. Man hat nun Linsen aus Luft in einem flüssigen, stark brechenden

Medium. Nun wirkt, wie man an den Lichtkegeln bemerkt, die Biconvexlinse als Zerstreuungslinse, die Biconcavlinse als Sammellinse. Diese Wirkung lässt sich aus der Linsenformel

$$\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = (n-1)\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right), \quad n > 1,$$

worin g Gegenstandsweite, b Bildweite, n Brechungsexponent, r_1, r_2 Trennungsradien der Linse sind, voraussagen, wenn n mit $1/n$ vertauscht wird, d. h. physikalisch, wenn die Medien von Linse und Umgebung vertauscht werden. Der Faktor $(n-1)$ ändert dann sein Zeichen. War die rechte Seite positiv, so wird sie bei dieser Änderung negativ und umgekehrt.

Der Apparat kann auch gebraucht werden, um darzuthun, dass die Brechungsexponenten bei verschiedenen Gasen verschieden sind. Für diesen Fall muss natürlich für einen Verschluss an den oberen Ansatzröhren gesorgt werden.

Angefertigt wurde der Apparat bei der Firma Alois Pichlers Witwe & Sohn (Wien, V, Margaretenplatz 2).

Zur elementar-mathematischen Bestimmung der Trägheitsmomente homogener ebener Flächen.

Von Professor R. Henke in Dresden.

Die von Herrn Prof. Weinmeister angegebene Bestimmung von Trägheitsmomenten (d. Zeitschr. *VI 402*, *1891*) lässt sich systematisch verallgemeinern, wenn man das Verfahren anwendet, das Weisbach (*Lehrbuch der theoretischen Mechanik*, *4. Aufl.*, *Braunschweig 1862*, *S. 402*) zur elementaren Berechnung von Biegungsmomenten benutzt hat. Es würde sich in folgender Weise verwenden lassen.

Eine beliebig begrenzte ebene Fläche werde auf eine in ihrer Ebene liegende, die Begrenzung nicht schneidende Axe bezogen. Hat ein Flächenelement f den Abstand r von dieser Axe, so lässt sich sein Trägheitsmoment, bezogen auf die Axe, schreiben

$$fr^2 = 2 \,.\, fr \,.\, {}^1/_2\, r.$$

fr ist das Volumen eines Cylinders (Prismas) von der Grundfläche f und der Höhe r, $fr \,.\, {}^1/_2\, r$ also das statische Moment desselben bezogen auf die Grundfläche. Es ist also das Trägheitsmoment der ganzen Fläche (Dichtigkeit ε)

$$J = \varepsilon \Sigma fr^2 = 2\,\varepsilon \Sigma (fr \,.\, {}^1/_2\, r) = 2\,\varepsilon V x,$$

wenn V das Volumen eines Cylinders bedeutet, dessen Grundfläche die gegebene Fläche ist und der von der Axe aus durch eine Ebene, die einen Winkel von 45° mit der Ebene der Fläche bildet, abgeschnitten wird. x ist der Abstand des Schwerpunktes dieses abgeschrägten Cylinders von der Grundfläche, $\varepsilon V x$ also das statische Moment des Körpers bezogen auf die Ebene der gegebenen Figur. Sind also V und x bekannt oder gelingt es, das statische Moment elementar zu bestimmen, so ist das gesuchte Trägheitsmoment das Doppelte dieses statischen Momentes.

Schneidet die Momentenaxe die Begrenzung der ebenen Figur, so muss der auf ihr als Grundfläche errichtete Cylinder nach beiden Seiten durch Ebenen unter dem Neigungswinkel von 45° abgeschnitten werden. Ist die Momentenaxe normal zur Fläche, so ist der Cylinder durch eine Rotationskegelfläche auszuhöhlen, deren Spitze der Fusspunkt der Momentenaxe und deren Seitenlinien mit der Fläche Winkel von 45° bilden.

Beispiele: 1) Eine Gerade von der Länge l bildet mit der Momentenaxe den Winkel α. Der Cylinder reduziert sich auf eine Dreiecksfläche mit der Grundlinie l und der Höhe $l \sin \alpha$, der Schwerpunktsabstand ist ${}^1/_3\, l \sin \alpha$, folglich

$$J = 2 \,.\, {}^1/_2\, \varepsilon l^2 \sin \alpha \,.\, {}^1/_3\, l \sin \alpha = {}^1/_3\, m l^2 \sin^2 \alpha,$$

wenn $\varepsilon l = m$ als Masse der Geraden betrachtet wird.

2) Eine Rechteckfläche, Inhalt F, Höhe h, Momentenaxe die Grundlinie. Das auf der Fläche F stehende schief geschnittene Prisma hat das Volumen ${}^1/_2\, Fh$, der Schwerpunktsabstand ist ${}^1/_3\, h$, mithin:

$$J = 2 \,.\, {}^1/_2\, \varepsilon F h \,.\, {}^1/_3\, h = {}^1/_3\, m h^2, \quad \varepsilon F = m.$$

3) Eine Dreiecksfläche, Inhalt F, Höhe h, Momentenaxe die Grundlinie. Das schief geschnittene Prisma ist ein Tetraeder mit der Grundfläche F und der Höhe h; der Schwerpunktsabstand ist $^1/_4\, h$, also:

$$J = 2\,.\,{}^1/_3\, \varepsilon F h\,.\,{}^1/_4\, h = {}^1/_6\, m h^2,\quad \varepsilon F = m.$$

4) Eine Kreisfläche, Radius r, Momentenaxe normal zur Fläche durch den Mittelpunkt des Kreises. Das Volumen des kegelförmig ausgehöhlten Cylinders ist $^2/_3\, \pi r^3$, der Schwerpunktsabstand $^3/_8\, r$, daher ist

$$J = 2\,.\,{}^2/_3\, \varepsilon \pi r^3\,.\,{}^3/_8\, r = {}^1/_2\, m r^2,\quad \varepsilon \pi r^2 = m.$$

Ist der Schwerpunkt des schief geschnittenen Cylinders (Prismas) nicht ohne weiteres bekannt, so hat man das statische Moment des Körpers mit Hilfe des Momentensatzes zu ermitteln.

Z. B. 5) Eine Dreiecksfläche bezogen auf eine Axe, von der die Seitenmitten die Abstände μ_1, μ_2, μ_3 haben. Nach der Ableitung von Weinmeister (a. a. O.) ist das statische Moment des schief geschnittenen Prismas $^1/_6\, m\, (\mu_1^2 + \mu_2^2 + \mu_3^2)$, folglich das Trägheitsmoment

$$J = {}^1/_3\, m\, (\mu_1^2 + \mu_2^2 + \mu_3^2),$$

wovon Beispiel 3 leicht als besonderer Fall erkannt wird.

Ein optischer Demonstrationsapparat.

Von Dr. **K. W. Neumann**, Professor am Gymnasium in Barmen.

Es sei in Fig. 1 O der optische Mittelpunkt, f die Brennweite einer biconvexen Linse, A ein leuchtender Punkt in der Axe und A_1 auf der anderen Seite der Linse sein reelles Bild. Nimmt man an, die Verlängerungen eines von A in die Linse eintretenden und des zugehörenden nach A_1 austretenden Strahles schnitten sich im Punkte C des Durchmessers der Linse, und setzt $CO = h$,

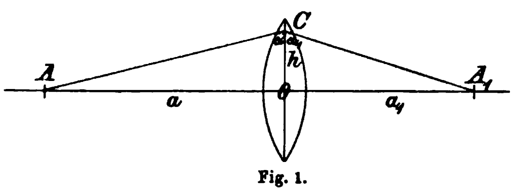


Fig. 1.

$$AO = a \qquad A_1 O = a_1$$
$$ACO = \alpha \qquad A_1 CO = \alpha_1,$$

so ist

$$ctg\alpha = \frac{h}{a} \qquad ctg\alpha_1 = \frac{h}{a_1}$$

$$ctg\alpha + ctg\alpha_1 = \frac{h}{a} + \frac{h}{a_1} = h\left(\frac{1}{a} + \frac{1}{a_1}\right) = \frac{h}{f}.$$

Für reelle Bilder ist also die Summe der Cotangenten der Winkel α und α_1 eine constante, nur von h und f abhängige Grösse. Es ist daher auch die Summe der Winkel α und α_1 selbst innerhalb gewisser Grenzen annähernd constant oder es bilden für den Punkt C je zwei zusammengehörende Strahlen stets fast denselben Winkel.

Berechnet man einige, auch für den folgenden Apparat besonders passende Werte von $ACA_1 = \alpha + \alpha_1$ für $h = 8$, $f = 15$, so erhält man

a	a_1	α	α_1	$\alpha + \alpha_1$
40	24	78° 41′ 25″	71° 33′ 54″	150° 15′ 19″
35	26,25	77° 7′ 30″	73° 3′ 16″	150° 10′ 46″
30	30	75° 4′ 7″	75° 4′ 7″	150° 8′ 14″
25	37,5	72° 15′ 19″	77° 57′ 26″	150° 12′ 45″
20	60	68° 11′ 59″	82° 24′ 19″	150° 36′ 18″

Während also $a + a_1$ sehr verschiedene Werte hat, beträgt der Unterschied zwischen dem grössten und dem kleinsten der berechneten Werte von $\alpha + \alpha_1$ nur 0° 28′ 4″. Ihr mittlerer Wert ist 150° 16′ 40″.

Auf diesen Berechnungen ist ein höchst einfacher Apparat zur Demonstration der Brechung des Lichtes in convexen Linsen begründet. Auf einer schwarzen Tafel mit Fuss sind zwei unter einem Winkel von 150° (genauer 150¼°) fest mit einander verbundene Stäbe

um den Scheitelpunkt drehbar. Eine Längslinie in der Mitte derselben giebt den einfallenden und den gebrochenen Strahl an. Vor der Tafel steht in geringer Entfernung eine schwarze Metallplatte von gleicher Länge aber kleinerer Höhe, deren oberer weisser Rand die Axe vorstellt und in Abschnitte von 5 cm eingeteilt ist. Der Abstand des Scheitelpunktes des Winkels von 150° von der Axe ist $h = 8$ cm. In der Mitte der Axe ist der Durchschnitt einer biconvexen Linse von 15 cm Brennweite be-

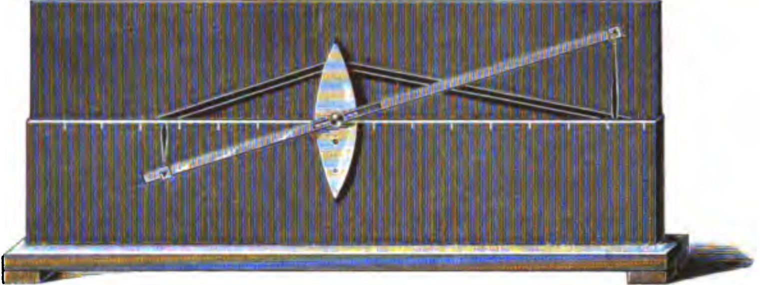


Fig. 2.

festigt, um deren Mittelpunkt ein Stab mit zwei beweglichen und verschiebbaren Pfeilen gedreht werden kann. Die Enden der letzteren können durch die Metallplatte verdeckt werden. Stellt man die Enden der beiden mit einander fest verbundenen Stäbe hinter die Platte, so geben die Durchschnittspunkte der beiden Strahlen mit der Axe die Lage des leuchtenden Punktes und seines Bildes an.[1]) Dreht man nun den dritten durch die Mitte der Linse gehenden Stab und stellt die Pfeile auf die Durchschnittspunkte ein, so wird die relative Grösse des Bildes eines Gegenstandes angegeben.

Die Abhängigkeit der Richtungen des einfallenden und des austretenden Strahles von einander, ihre grössere oder kleinere Divergenz und Convergenz gegen die Axe, der Übergang aus der einen Richtung in die andere, die Veränderungen in der Lage eines leuchtenden Punktes und seines Bildes, die relative Grösse des Bildes eines Gegenstandes in den verschiedenen Lagen können durch die Drehung der Stäbe in der einfachsten Weise veranschaulicht werden. Hierdurch wird in dem Schüler mit einem Blick eine deutliche Vorstellung unmittelbar hervorgerufen und viel schneller und leichter als durch eine mündliche Erörterung oder durch Zeichnung ein klares und sicheres Verständnis erreicht.

Der beschriebene Apparat wie auch ein ähnlicher für die Reflexion an sphärischen Spiegeln sind in der mechanischen Werkstatt von G. LORENZ in Chemnitz sehr zweckmässig und gut ausgeführt und können von dort bezogen werden.

Bemerkungen über die Ursache der Kurz- und Weitsichtigkeit.

Von Dr. **L. Fernbach** in Friedenau bei Berlin.

In einer grossen Anzahl physikalischer Lehrbücher wird die Ursache der Kurz- bezw. Weitsichtigkeit des menschlichen Auges entweder in wahrheitswidriger oder zum mindesten in sehr unklarer und daher irreführender Weise angegeben. Der Gegenstand hat für den Lehrer der Physik, der im optischen Unterricht das Auge und seine häufig vorkommenden Mängel besprechen muss, ein genügendes Interesse, um hier einer kurzen Auseinandersetzung wert zu erscheinen. In den Lehrbüchern von Müller-Pouillet, Koppe, Jochmann-Hermes u. v. a. wird die Erklärung der Kurz- bezw. Weitsichtigkeit darin gefunden, dass das Bild des Gegenstandes wegen abnormer Krümmungsverhältnisse der Linse vor bezw. hinter der Netzhaut zu Stande kommt. Nach dem Wortlaut dieser Erklärung müsste die Ursache jener Mängel des Auges im Bau der Linse oder in ihrer zu geringen Accommodationsfähigkeit liegen. So werden auch im allgemeinen, wie Schreiber dieses durch Umfragen bei Kollegen festgestellt, diese Auseinandersetzungen aufgefasst. Nichts-

[1]) Bei Versuchen ist es einfacher 5 cm als Einheit und daher $f = 3$ zu setzen. Man erhält dann durch Rechnung für a und a_1 die zusammengehörenden Werte 8 und $4\frac{4}{5}$, 7 und $5\frac{1}{4}$, 6 und 6 u. s. w., welche den Durchschnittspunkten am Apparat genau entsprechen. (Die Figur ist bezüglich dieses Punktes nicht ganz genau.)

destoweniger ist diese Auffassung falsch, wovon man sich leicht an der Hand jedes beliebigen Lehrbuches der Physiologie oder der Augenheilkunde überzeugen kann.[1]) Nach den unten genannten Werken beruht die Kurz- bezw. Weitsichtigkeit vielmehr in Folgendem. Ein normal gebauter Augapfel hat (abgesehen von dem Hervortreten der Hornhaut) vollkommene Kugelgestalt; eine horizontal gedachte, von vorn nach hinten gerichtete Achse hat etwa dieselbe Länge wie eine vertikal gedachte Achse. Bei solchem (emmetropischen) Auge fällt, wenn es nicht accommodiert, das Bild eines unendlich fernen Gegenstandes genau auf die Netzhaut. Bei stärkster Accommodation für die Nähe werden noch Strahlen, die aus 14—16 cm Entfernung kommen, auf der Netzhaut zu einem deutlichen Bilde vereinigt. Im Falle der Kurzsichtigkeit (Myopie) ist nun der Augapfel nicht mehr gleichachsig, sondern nach hinten gestreckt; die horizontale Achse ist länger als die vertikale, Daher fällt im myopischen Auge der Vereinigungspunkt der Strahlen im Bildraume nicht mehr auf die Netzhaut, sondern vor dieselbe, ohne dass eine Abnormität der Krümmungsverhältnisse der Linse vorhanden zu sein braucht. Im Falle der Weitsichtigkeit (Hyperopie) ist dagegen der Augapfel von vorn nach hinten verkürzt; die vertikale Achse ist länger, als die horizontale. Bei ganz normaler Brechung durch die Linse muss also der Vereinigungspunkt den Bildstrahlen im hyperopischen Auge hinter die Netzhaut fallen. Im ersteren Falle hilft eine Concav- im letzteren eine Convex-Brille dem Übel ab.

Zuweilen kann, und zwar besonders bei myopischen Augen, auch die zu starke Krümmung der Linse und öfter noch der Hornhaut eine Rolle spielen, aber dieser Fall tritt verhältnissmäsig selten auf.

Für die Praxis.

Das Cupron-Element. Von **W. Weiler** in Esslingen. Einsender hat schon im Jahr 1884 längere Zeit Versuche mit dem Lalande- oder Kupferoxyd-Alkali-Elemente angestellt, um es sowohl zum Primär- als Sekundärelement auszubilden. Er hat daher die Versuche Edisons und Böttchers verfolgt, welche dahin zielten, das Kupferoxyd zu Platten zu formieren. Am Ende vorigen Jahres bezog er das Cupron-Element der elektrotechnischen Fabrik von Umbreit und Matthes in Leipzig und prüfte es auf die Angaben der Fabrik; dieselben bestätigten sich. Auf die Ampère-Stunde wurden ca. 1,25 g Zink und 3 g Ätznatron verbraucht. Die Kupferoxydplatten hängen zwischen zwei amalgamierten Zinkplatten in rechteckigen Gläsern, sie liefern Strom, bis das Kupferoxyd reduziert ist; dieses oxydiert sich aber wieder nach Abwaschen und Trocknen an einem warmen Orte. Die normale Spannung beträgt 0,8 Volt und die Kapazität eines Elementes kleinster Sorte ca. 30 Ampère-Stunden. Der innere Widerstand ist gering, in der Ruhe findet kein Materialverbrauch statt, die Lösung ist geruchlos und die Wiederladung also sehr einfach.



Einsender hat am 2. Januar ein solches Element mit 10 Ohm Widerstand geschlossen; trotz der andauernden Kälte ist es erst bis 12. März auf die halbe Stromstärke gefallen, während die Stromstärke in den besten Trocken-Elementen schon in ca. 40 Tagen auf die Hälfte sinkt.

Der Preis eines kleinen Elementes ist 5 Mark. Mit fünf solchen Elementen lassen sich alle Versuche durchführen, die im gewöhnlichen Unterricht angestellt werden. Sie sind daher insbesondere für kleinere Anstalten mit beschränkten Mitteln zu empfehlen. Der Lehrer hat lange Zeit keine andere Mühe damit, als die Kiste ins Lehrzimmer tragen zu lassen. Überdies können diese Elemente noch zur vorübergehenden Beleuchtung von Vorsälen, zum Betrieb von Mikrophonen, Telephonen und für kleinere galvanoplastische Anstalten dienen.

[1]) z. B. H. Schmidt-Rimpler, *Augenheilkunde und Ophthalmoscopie, Braunschweig 1886 S. 66 ff* oder L. Landois, *Lehrbuch der Physiologie des Menschen, Wien und Leipzig 1887. S. 861 ff.*

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Ein Heliotrop. Von Dr. R. Mauritius. *Progr. No. 703. Gymn. Coburg, 1894.* Der Apparat soll hauptsächlich dazu dienen, nach entfernten Punkten einen kräftigen Sonnenreflex zu werfen. In eine Messingröhre von fast 66 cm Länge ist als Objektiv ein auf 2 cm Durchmesser verkleinertes planconvexes Brilleuglas von 62 cm Brennweite eingesetzt. Als Okular dient eine planconvexe Linse von 4 cm Brennweite; dahinter ist ein Fadenkreuz. Das Rohr wird mit einer Baumschraube befestigt oder auf einem Stativ gebraucht und nach dem Punkt der Gegend gerichtet, nach welchem man Licht geben will. Zwischen Rohr und Spiegel besteht keine Verbindung. Der benutzte Spiegel misst etwa 40 cm im Quadrat (also 1600 qcm gegen etwa 50 qcm beim Steinheilschen Heliotrop) und hat in der Mitte eine von der Belegung befreite Stelle. Er wird so gerichtet, dass das dicht hinter ihm befindliche Auge dasjenige der beiden Sonnenbildchen, welches von der belegten Glasfläche herrührt, genau im Fadenkreuz erblickt, welches auf den bestimmten Punkt der Gegend eingestellt war. Man nimmt das Fadenkreuz kräftig und schützt das Auge durch ein farbiges Glas. Fig. 1 zeigt, wie die Drehbarkeit des immerhin schon etwas schweren Spiegels bewirkt ist. Auf dem Holzrahmen sind an der Rückseite zwei Leisten L und L' angeschraubt, um einen Bügel BB' mit geringer Weite zur Herstellung der Drehungsaxe AA' anwenden zu können. Ein Glasrohr G ($^3/_8$ engl.) ist bei U eingeschraubt, und mit seinem Gewinde ist die Drehung im Azimut ermöglicht. An dem Bügel und an G sind noch zwei Schrauben (hier nicht gezeichnet) angebracht, mit denen eine sanfte Verschiebung möglich ist, so dass man der Sonne folgen kann, ohne die Lichtgebung zu unterbrechen. Das Rohr G wird von einem Stativ getragen. Bei der beschriebenen Construktion wird also das einmal eingestellte Fernrohr nicht wieder berührt. Der dahinter stehende Spiegel ist in seiner Bewegung unabhängig vom Rohr, so dass man ihm für stationäre Einrichtungen beliebige Grösse geben und über enorme Lichtmengen verfügen kann. Da dem Vernehmen nach in der Armee dem Heliotrop wieder mehr Aufmerksamkeit geschenkt wird, so weist Verfasser noch darauf hin, dass nötigenfalls auch ein gewöhnliches Fernrohr für den obigen Zweck verwandt bezw. umgewandelt werden kann.

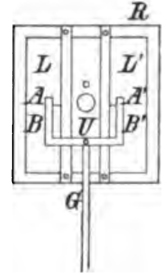


Fig. 1.

Eine schiefe Ebene zu Präcisionsversuchen. Von Dr. R. Mauritius. *Progr. No. 703. Gymn. Coburg, 1894.* Die hochpolierten tadellosen Stahlkugeln, welche in den Lagern der Fahrräder verwendet werden und die schon ohne ausgesucht zu sein sich nicht um 5 mg im Gewicht unterscheiden, benutzt der Verfasser in Verbindung mit den Klaviersaiten, die sich ebenfalls durch hohe Politur und gleichmässige Beschaffenheit auszeichnen, zu nachstehenden Versuchen auf der schiefen Ebene.

Auf einem schmiedeeisernen Träger von 8 cm Höhe und etwa 2,20 m Länge ist ein Bohlenstreifen von 10 cm Breite und 3 cm Stärke mit zahlreichen Schrauben und Muttern aufgezogen, so dass er sich nicht verziehen kann. Die beiden Enden sind in Fig. 1 und 2 gezeichnet. Vier Paare starker Klaviersaiten sind auf starker eiserner Unterlage an den Haken zwischen H und H' eingehängt (Fig. 1), laufen an den Stiften in dem Steg SS' vorbei über den zweiten Steg (Fig. 2) und werden durch die Stimmnägel bei N wie bei einem Klavier gespannt. Um die Zwischenräume

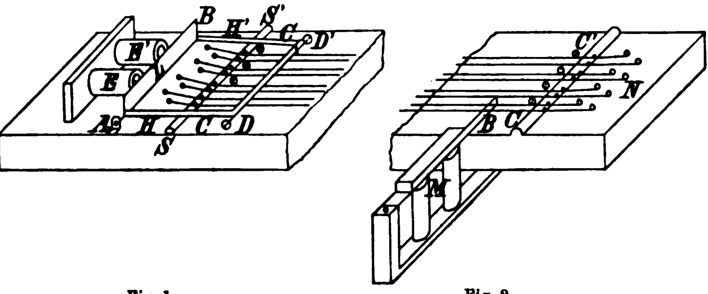


Fig. 1. Fig. 2.

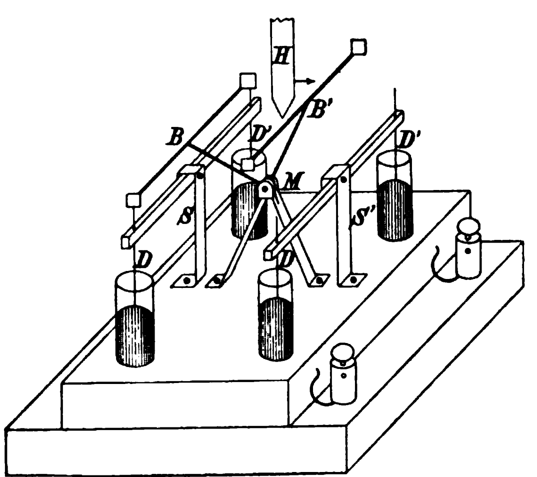
zwischen den Saiten genau zu regulieren, benutzt man die zwischen C und C' angedeuteten Schrauben, deren Hals konisch ist.

Auf diesen Saiten nun sollen die Stahlkugeln laufen und müssen auf elektrischem Wege losgelassen werden können. Sie liegen deshalb hinter der polierten Stahlnadel DD' in Fig. 1, welche durch Schrauben gerade so hoch gestellt ist, dass sie den Kugeln eben noch das Abrollen verwehrt. Die Nadel ist mit der Eisenlamelle L verbunden, die um die Axe AB drehbar ist und schräg vor den Polen von E und E' steht, so dass DD' durch seine Schwere auf den Stützpunkten aufliegt. Die erregten Elektromagnete ziehen L an und DD' hebt sich. Die Horizontalstellung des Apparats, welcher auf eisernen, in das Mauerwerk eingelassenen Trägern ruht, bewirkt man am besten durch eine mit Gummischlauch und zwei Glasröhren von gleicher Weite mit zwei Retortenhaltern auf die ganze Länge hergestellte Wasserwage, welche mit der unteren Wasserkuppe beim Visieren in der Ebene der acht Drähte die Wahrnehmung von Teilen des Millimeters gestattet. (Gegen die Anwendung einer auch genau rektifizierten Libelle von grosser Empfindlichkeit lassen sich Einwände erheben.) An der Unterseite des T-Trägers sind an den Enden starke Brettstücke angeschraubt, welche die Stellschrauben von 1,5 mm Ganghöhe tragen. Die einzeln stehende davon hat eine Trommel, um kleine Teile der Drehung abzulesen. Der Apparat ruht auf Stücken Spiegelglas, und die Schiefstellung wird durch Wegnahme von Platten unter der Stellschraube und mit dieser bewirkt. Die Dicken der Platten sind mit dem Mikrometer gemessen. Der elektrische Strom wird durch ein sogleich zu beschreibendes Pendel (s. u.) geschlossen und lässt sowohl DD' sich heben, als auch ein kurzes Glockenzeichen ertönen. Wenn nun die abrollende Kugel am Ende der Bahn in Fig. 2 an ein in gemessener Entfernung aufgestelltes Hindernis anschlägt, so besteht die Aufgabe des Beobachters darin, die Höhe der schiefen Ebene derart zu verändern, dass genau ein Schlag des Pendels mit dem Anschlag der Kugel an dem Kugelfang zusammenfällt. Es wird demnach an dem Prinzip festgehalten, die vollen ganzen Sekunden der Beobachtung zu Grunde zu legen und nur die Höhe der schiefen Ebene zu ändern, die sich sehr genau messen lässt; dagegen den zurückgelegten Weg unverändert zu lassen und namentlich nicht zu Mitteln nach einer genauen Messung von Bruchteilen der Zeit zu greifen.

Um die Beobachtung von der Unvollkommenheit des menschlichen Wahrnehmungsvermögens zu befreien, ist die Coincidenz mechanisch zur Darstellung gebracht.. Zu diesem Zweck zieht in Fig. 2 mit jedem Sekundenschlag der Elektromagnet M den Blechstreif B nieder. Für den Anfang richtet man es so ein, dass die Kugel gerade schon hindurch ist, wenn dies geschieht, und vermindert darauf die Neigung der schiefen Ebene, bis die Kugel von dem Blechstreif eben aufgehalten wird. Für verschiedene Neigungswinkel und verschiedene Sekundenzahlen erhält man dann aus zwei Beobachtungen zwei Gleichungen, aus denen sich Beschleunigung und Reibungscoefficient ergeben. — Die vier Drahtbahnen dienen erstens dazu, die Empfindlichkeit des Apparats dadurch zu prüfen, dass die vier Kugeln gleichzeitig die Bahn durchlaufen, dann aber noch dazu, um sie nach Wegen, welche den Quadraten der Sekundenzahlen entsprechen, durch vorgeschobene Hindernisse aufzuhalten. Alsdann erfolgt der Anschlag an diese mit den Sekundenschlägen.

Ein Stromschliesser. Von Dr. R. Mauritius. *Progr. No. 703. Gymn. Coburg, 1894.* Im beistehenden Apparat soll die Unzuverlässigkeit der Quecksilbercontakte und der Kraftverbrauch der Federcontakte vermieden werden. Der Hauptteil ist ein dünner aber steifer in Form eines V gebogener Messingdraht, welcher sich in labilem Gleichgewicht mittels ganz feiner Stahlzapfen bei M dreht. An den Drahtenden bei B und B' sind rechtwinklig hierzu zwei weitere Messingdrähte angelötet, welche an den Enden kleine quadratische Platinbleche tragen. Dies V wird vom schwingenden Pendel abwechselnd nach rechts und links geworfen. In der Figur ist der Moment gezeichnet, wo der Bügel auf der linken Seite ruht. Man sieht die Platinplättchen auf den Platindrähten D und D'

aufliegen. Letztere gehen durch einen zierlichen Wagebalken aus Ebonit, der von dem Träger S gehalten wird, und tauchen immer tief in das Quecksilber in den Gläschen ein und schliessen so einen Strom, der in zwei Klemmschrauben zugeführt wird, die links nicht sichtbar sind, aber genau den rechts gezeichneten entsprechen. Bewegt sich die Pendelstange H nach rechts, so wirft sie zuerst den Bügel B' nach rechts hinüber auf die Platindrähte D und D', geht bis zur Vollendung der Amplitude über den kein Hindernis mehr bildenden Bügel B' weiter nach rechts, um bei der Rückkehr den durch das Herumwerfen von B' bereits aufgerichteten Bügel B anzutreffen, welcher den Stoss der Pendelstange erwartet, um durch denselben wieder nach links geworfen zu werden. Der kleine Wagebalken aus Ebonit hat den Zweck, einen sicheren Contakt herbeizuführen. Denn käme z. B. die vordere Platinplatte einen Moment früher auf dem Ende des Drahtes D an, so würde dadurch der nach hinten gelegene Arm sogleich gehoben werden und somit die darüber befindliche Platinplatte mit dem Ende von D' sicher in Berührung kommen. Der Contakt erfolgt mit einer gewissen Energie. Hervorzuheben ist, dass trotz der Anwendung von Quecksilber doch von keinem Quecksilbercontakt die Rede ist, sondern nur Platin mit Platin in Berührung kommt. Das Pendel, dessen normal zur Stange gestellte Linse etwa 8 kg wiegt, hängt in Federn und schwingt halbe Sekunden. Wenn man ein Pendel, welches ganze Sekunden schlägt, zu einem elektrischen Stromschluss einrichtet, so kann man damit genau nur Intervalle von 2 Sekunden erhalten, weil eine Doppelschwingung dazwischen liegen muss, wenn man den Contakt in derselben Phase wieder eintreten lassen will.



Bei diesen Versuchen wird der Stromschluss nur auf einer Seite verwendet. Der Strom erregt die Elektromagnete der vorher beschriebenen schiefen Ebene, giebt ausserdem Glockenzeichen an einem kleinen, gewöhnlichen Läutewerk, dessen Selbstunterbrechung ausgeschaltet ist, und treibt zugleich in Parallelschaltung mit ausgleichendem Widerstand ein elektrisches Zählwerk, welches zur Vergleichung des Pendels mit einer guten Pendeluhr sehr bequem ist und die Richtigkeit der Sekunden verbürgt.

Ein Fallraummesser. Von Dr. R. Mauritius. *Progr. No. 703. Gymn. Coburg, 1894.* Um den Ungenauigkeiten, die mit der Atwoodschen Fallmaschine verbunden sind, sowie den Schwierigkeiten anderer Methoden zur Bestimmung der Fallgeschwindigkeit zu entgehen, schlägt Verfasser vor, das ursprüngliche Problem direkt zu lösen und den Fallraum in der ersten Sekunde wirklich zu messen. In der nebenstehenden Fig. 1 wird die fallende Kugel K in dem Ring R durch die drei Spitzen S, S' und S'' gerade am Fallen verhindert. Die Spitze S kann durch die Elektromagnete EE' zurückgezogen werden und die Kugel fällt. Unten fällt sie — nebensächliche Anordnungen sind weggelassen — auf die Feder F und drückt die Spitze S nieder. Der darunter befindliche, mit dem in Fig. 1 gebrauchten in allen Stücken ganz identische Elektromagnet, Fig. 2, wird momentan genau mit dem zweiten Sekundenschlag angezogen und dadurch unter S gebracht. Trifft die Spitze von S in diesem Augenblick auf das Platinplättchen beim Anker A, so wird ein besonderer Strom zwischen B und B' geschlossen,

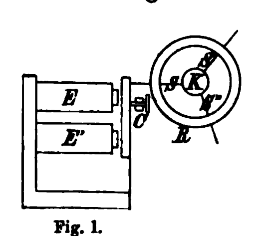


Fig. 1.

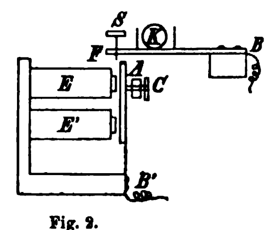


Fig. 2.

und ein Glockenzeichen ertönt. Wenn aber die Kugel K einen Augenblick früher ankommt, der Fallraum also noch zu klein ist, so schlägt der Anker, ohne Contakt zu bilden, mit der Seite an die bereits heruntergegangene Spitze, und das Glockenzeichen bleibt aus. Man schiebt also das Ganze in Fig. 2 etwas abwärts, bis die Glocke klingt, und findet so den Fallraum in der ersten Sekunde direkt. Findet man die 5 m zu unbequem, so kann man ein Pendel anwenden, das mit dem Stromschliesser Fig. 3 genau halbe Sekunden liefert, die sich auch noch gut mit der Pendeluhr controlieren lassen. — Bezüglich der ganzen Anordnung sei an das Klimpertsche Verfahren erinnert (vgl. die Notiz in d. Zeitschr. *V 166*). *O.*

---

2. Forschungen und Ergebnisse.

Calciumcarbid und Acetylen. Zu den vielen überraschenden Erfolgen der modernen Elektrochemie tritt, überaus grosse Hoffnungen in technischen und wissenschaftlichen Kreisen erregend, die Entdeckung einer Methode, welche im Grossbetrieb eine billige Herstellung von Calciumcarbid und Acetylen ermöglicht. Der erstere Stoff, eine Verbindung von Kohlenstoff und Calcium, von der Formel CaC_2, ist schon 1862 von Wöhler erhalten und beschrieben worden; desgleichen ist das Acetylen C_2H_2 längst bekannt; jedoch haben beide bisher wenig Beachtung gefunden. Die neue Darstellungsweise verdanken wir den Herren Moissan und Thomas L. Willson. Ein Gemisch von gebranntem Kalk und gepulverter Kohle, welche letztere in der Form von Russ, Steinkohle, Holzkohle u. s. w. genommen werden darf, werden im Moissanschen oder noch besser im Willsonschen elektrischen Ofen der durch einen Strom von 4000 bis 5000 Amp. hervorgebrachten Hitze unterworfen, (*C. R. 1894, t. CXVIII, p. 501 und 683*). Der Vorgang ist folgender:

$$CaO + 3\,C = CaC_2 + CO.$$

Der Willsonsche Ofen unterscheidet sich übrigens nicht wesentlich von anderen Modellen und ist nur derart abgeändert, „dass der Lichtbogen mit dem Teil des Gemenges, welches in Behandlung ist, in unmittelbarer Berührung steht, und dass überschüssige Kohle den heftigen Schwankungen des elektrischen Widerstandes vorbeugt.“ (*Elektrochem. Ztschr. 1895, S. 246*). Das Calciumcarbid entsteht in fast chemischer Reinheit als geschmolzene Masse, die beim Erkalten zu einem homogenen, krystallinischen, dunkelen, metallglänzenden Körper erstarrt, dessen sp. Gew. bei 18° C. 2,22 beträgt, und welcher in Lösungsmitteln entweder zersetzt wird oder unlöslich ist. Das Calciumcarbid ist an der Luft nicht brennbar, wird aber bei höherer Temperatur durch Oxydationsmittel leicht oxydiert; in Atmosphären der Halogene verbrennt es, und zwar im Chlor bei 245°, im Bromdampf bei 350° und im Joddampf bei 305°, desgleichen im Chlorwasserstoffgas unter Wasserstoffentwickelung. Fabrikmässig wird es in Spray (Nord-Carolina) von der „Willson Aluminium Company“ gewonnen.

Übergiesst man das Calciumcarbid mit kaltem oder warmem Wasser, welcher Vorgang mit dem Löschen des Kalks verglichen zu werden pflegt, so entsteht Acetylengas und Calciumhydroxyd nach folgendem Schema:

$$CaC_2 + 2\,H_2O = C_2H_2 + Ca\,(OH)_2.$$

Diese Darstellung des Acetylens wird ebenfalls schon technisch verwertet, insbesondere durch die amerikanische „Electric Gas Company,“ und liefert überdies ein sehr brauchbares Nebenprodukt, nämlich äusserst reinen gelöschten Kalk.

Wie schon lange bekannt, ist das Acetylen ein farbloses, sehr übelriechendes, mit rein weisser und äusserst heller, jedoch stark russender Flamme verbrennendes Gas vom sp. Gew. 0,92. Bei 1° C. und 48 Atmosphären Druck verdichtet es sich zu einer Flüssigkeit, die ähnlich wie flüssige Kohlensäure beim Ausfliessen teilweise zu einer schneeartigen Masse erstarrt. In chemischer Hinsicht ist es, infolge der in seiner Structurformel $\begin{matrix} C-H \\ ||| \\ C-H \end{matrix}$ zum Ausdruck kommenden dreifachen Kohlenstoffbindung, äusserst reaktionsfähig. Lässt man durch das mit Stickstoff gemischte Gas elektrische Funken schlagen, so entsteht Blau-

säure HCN. Leitet man dasselbe durch ammoniakalische Lösungen von Silber- oder Kupferoxydulsalzen, so bilden sich äusserst explosive Verbindungen; mit Chlor sowie mit atmosphärischer Luft giebt es bei gewissen Verhältnissen explosive Gemische; mit Brom und nascierendem Wasserstoff addiert es sich leicht, desgleichen mit Schwefelsäure.

Dieses Gas scheint nun bestimmt zu sein, in naher Zukunft auf verschiedenen Gebieten der Technik eine Rolle zu spielen, und tritt schon gegenwärtig — wenigstens in Amerika — in Wettbewerb mit dem elektrischen Licht und dem Leuchtgase. Vor dem letzteren hat es den dreifachen Vorzug, wohlfeiler zu sein, eine stärkere Leuchtkraft zu besitzen, und die Luft abgeschlossener Räume weniger zu verschlechtern. Bezüglich des Preises veröffentlicht die „Willson Alum. Comp.“ (*J. Frankl. 139, 72* und *Zeitschr. f. angew. Chemie 1895, S. 140*), dass nach ihren Erfahrungen 660 k gepulverte Kohle und 1100 k gepulverter gebrannter Kalk bei 180 elektr. Pferdekräften 1 t Calciumcarbid in 12 Stunden liefern. Die Kosten sind etwa folgende: 660 k gepulverte Kohle M. 11,—; 1100 k gepulverter gebr. Kalk M. 18,—; 180 elektr. Pferdekräfte, von einer Wasserkraft geliefert, M. 27,—; Arbeit M. 11,—; gesamte Kosten für 1 t Calciumcarbid M. 67,—. Hieraus berechnen sich die Kosten des Acetylens, dessen zweiter Rohstoff, das Wasser, ja für den Preis nicht ins Gewicht fällt, zu M. 163,— für die Tonne. Übrigens empfiehlt es sich, wenn nicht besonders construierte, sondern gewöhnliche Brenner verwandt werden, das Acetylen mit atm. Luft im Verhältnis 3 : 2 zu verdünnen, um das Russen der Flammen auszuschliessen. Die Menge eines derartigen Gemisches, welche 1 cbm Leuchtgas an Lichtmenge gleichwertig ist, käme nach den Versuchen der „Electr. Gas Comp.“ auf nur M. 0,04 zu stehen (*Zeitschr. f. angew. Chemie 1895, S. 140*). Für deutsche Verhältnisse liegen ebenfalls mehrere sorgfältige Kostenberechnungen vor. Nach Dr. A. Frank-Charlottenburg (Vortrag im Verein zur Beförderung des Gewerbefleisses) würde man in Berlin das Calciumcarbid zu M. 68,— für die Tonne erzeugen können, der Preis des Acetylens würde sich demzufolge zu dem der entsprechenden Menge Leuchtgas wie 16 : 27 verhalten. Die Berechnung von Morton (*Zeitschr. f. Beleuchtungswesen 1894, 9*) spricht in noch höherem Grade für das Acetylen. Er findet, man würde bei uns die Tonne Calciumcarbid für M. 30,— und demnach 1 cbm Acetylen für 26 Pf. liefern können. 1 cbm Acetylen sei aber an Leuchtkraft 15 cbm Leuchtgas gleichwertig, welche mit M. 2,40 bezahlt zu werden pflegen.

Weitere Vorteile, welche die Einführung des Acetylens in Aussicht stellt, sind sowohl Ersparnis an Kohle, als auch die Möglichkeit, geringe Sorten zu verarbeiten, während für die Leuchtgasbereitung nur die besten Sorten tauglich sind. Ferner würde „die kostspielige Einrichtung der Retortenhäuser, Reiniger u. s. w. überhaupt nicht nötig sein; das Werk würde vielmehr nur aus einem entsprechend umgestalteten Kalklöschapparat und aus einem Gasbehälter bestehen, der aber, da das reine Acetylen die zehn- bis fünfzehnfache Leuchtkraft besitzt, entsprechend kleiner sein könnte; in gleicher Weise würden für das Acêtylengas auch Rohrleitungen von entsprechend geringerem Querschnitt ausreichen“. Jedenfalls sei es aber, falls man beim Steinkohlengas stehen bleiben wolle, empfehlenswert, dasselbe durch Zusatz von Acetylen zum Zwecke der Erhöhung seiner Leuchtkraft zu carburieren.

Das Acetylen ist nicht minder für tragbare Lampen als Brennstoff geeignet. Diese würden bestehen aus einer „verschliessbaren Gasentwicklungsflasche, in welche man Wasser und Calciumcarbid im richtigen Verhältnis einführt, um dann das in seiner Entwicklung entsprechend geregelte Gas an einem aufgeschraubten Brenner unmittelbar zur Beleuchtung zu verwenden“. Herr M. Hempel (*Ch. Centralblatt 1895, I S. 715*) hat eine derartige Tischlampe kürzlich auf der Versammlung der Gas- und Wasserfachmänner der Provinz Brandenburg vorgeführt; dieselbe hatte in ihrem Unterteile die Vorrichtung zur Gasentwicklung und fasste genügend Calciumcarbid, um zehn Stunden lang ein Licht von 45 Kerzen zu geben. Überdies sind beim Acetylen die pro Stundenkerze erzeugten Verbrennungsprodukte bedeutend geringer als beim Leuchtgase.

Jedoch stehen der allgemeinen Verwendung des neuen Beleuchtungsstoffes auch einige Bedenken entgegen. Derselbe ist nämlich in hohem Grade giftig und giebt, wie schon erwähnt, mit Luft unter Umständen explosive Gemische. Da aber das Steinkohlengas mit seinen 6 bis 8 % Kohlenoxyd dieselben Fehler in nicht viel geringerem Maasse besitzt, so sind diese Bedenken nicht zu schwer zu nehmen, zumal das Acetylen sich wenigstens durch seinen intensiven Geruch stets leicht verrät.

Der billige Preis, den das Acetylen binnen kurzem nach aller Voraussicht annehmen wird, dürfte es ferner ermöglichen, die Darstellung von Alkohol aus seinen Elementen ohne jede Mitwirkung der organischen Natur in die Technik einzuführen, und zwar auf folgendem theoretisch schon lange bekannten Wege: Man behandelt das Gas mit nascierendem Wasserstoff, leitet das so erzeugte Aethylengas in Schwefelsäure und destilliert die hierbei entstandene Aethylschwefelsäure mit Wasser, wobei Alkohol und Schwefelsäure gebildet werden:

$$C_2H_2 + H_2 = C_2H_4,\ C_2H_4 + H_2SO_4 = (C_2H_5)\,HSO_4,$$
$$(C_2H_5)\,HSO_4 + H_2O = (C_2H_5)\,OH + H_2SO_4.$$

Da nach Frank aus zwei Tonnen Calciumcarbid dieselbe Menge Alkohol gewonnen werden kann wie aus dem bei einer guten Ernte pro Hektar geernteten Kartoffelquantum (= 16000 k), so darf der synthetische Alkohol unzweifelhaft als zum gewerblichen Wettbewerb geeignet bezeichnet werden. Selbst zum Aufbau zwei- und mehrwertiger Alkohole sowie der hiervon derivierenden Stärke und Zuckerarten kann das Acetylen verwandt werden. Auch ist es theoretisch möglich, aus dieser so überaus reaktionsfähigen Verbindung Blausäure, Cyanverbindungen und vielleicht sogar Eiweissstoffe darzustellen.

Referent möchte zum Schluss — da trotz der zahlreichen Veröffentlichungen hierauf noch nicht hingewiesen worden ist — erwähnen, dass die Darstellung von Acetylen, welche nach der Moissan-Willsonschen Methode durch die Vermittlung des Calciumcarbids der Elektricität verdankt wird, auch durch unmittelbare Wirkung dieser Kraft möglich ist. Wie schon lange bekannt, bildet sich nämlich das Gas ebenfalls bei Erzeugung des Lichtbogens zwischen zwei Kohlespitzen in einer Wasserstoffatmosphäre. Für den Grossbetrieb dürfte dieser Weg allerdings erst dann gangbar werden, wenn der Wasserstoff wohlfeiler als gegenwärtig geliefert werden kann. Jedenfalls aber ist es elektrische Energie, durch welche Kohlenstoff und Calcium zur Vereinigung gezwungen werden, und welche in deren Verbindung sowie in dem von dieser herstammenden Acetylen aufgespeichert vorliegt, elektrische Energie also in einer neuen Form, welche, wenn nicht Alles trügt, binnen kurzem weitreichende Umwälzungen im wirtschaftlichen Leben hervorbringen wird.

J. Schiff.

Das Westonsche Normal-Cadmium-Element. Das Zink-Quecksilber-Element von Latimer Clark, das in neuerer Zeit in Technik und Wissenschaft ausschliesslich als Normale bei Messungen der E. M. K. angewandt wird, leidet an dem Übelstand, dass seine E. M. K. in hohem Maasse von der Temperatur abhängt. Die Änderung beträgt ang. 0,001 V für 1° C. Dies veranlasste die Herren W. Jäger und R. Wachsmuth (*E. T. Z. XV 507, 1894, Mitteilung a. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt*) das von Weston in Newark angegebene Cadmium-Element (D. R. P. No. 75194) näher zu prüfen und eine vorläufige Bestimmung der E. M. K. vorzunehmen.

Das Weston-Element ist ganz ähnlich dem von Clark zusammengesetzt, nur treten an die Stelle von Zinkamalgam und Zinksulfat die entsprechenden Cadmiumverbindungen; sein Schema ist also

$$- \mid Cd - CdSO_4 - HgSO_4 - Hg \mid +$$

Statt des reinen Cadmiums wurde ein bei gewöhnlicher Temperatur festes Amalgam von 1 Teil Cadmium auf 6 Teile Quecksilber verwandt. Das Quecksilbersulfat wurde mit Cadmiumsulfat-Krystallen, concentrierter Cadmiumsulfatlösung und metallischem Quecksilber zu einem steifen Brei, der sogenannten „Paste“, mechanisch verrieben. Über das Quecksilber des positiven Pols kam eine Schicht der erwähnten Paste, während der übrige

Teil des Elementes mit einer concentrierten Lösung von Cadmiumsulfat gefüllt wurde (Typus III). Einige von den Elementen (Typus II) wurden ganz mit Paste gefüllt. Bei den versandfähigen Elementen (Typus I) war ausserdem das Quecksilber des positiven Poles durch eine amalgamierte Platinspirale ersetzt worden.

Das Ergebnis der Untersuchungen war: Das Weston- und das Clark-Element stehen sich gleich in ihrer Reproducierbarkeit und voraussichtlich (die ältesten Elemente waren vier Monate alt) auch in ihrer Constanz. Bei der Anwendung des Cadmiumsulfats hat man auf absolute Neutralität und auf vollständige Concentration der Lösungen zu achten. Dagegen hat das Weston-Element folgende Vorzüge: 1) Die E. M. K. hat sofort nach der Zusammensetzung ihren endgültigen Wert (ung. 1,025 V). 2) Die E. M. K. folgt schnell dem Wechsel der Temperatur. 3) Der Temperaturcoefficient ist sehr klein. Die Abhängigkeit der E. M. K. von der Temperatur wird zwischen 0° und 26° ausgedrückt durch die Formel

$$E_t = E_0 - 1{,}25 \times 10^{-5}\, t - 0{,}065 \times 10^{-5}\, t^2,$$

wo E_0 die E. M. K. bei 0° bedeutet. Wie gering die Änderung der E. M. K. des Weston-Elementes ist, ergiebt sich aus folgendem Täfelchen, dessen 1. Spalte die Correkturen enthält, welche man an einer bei t° gemachten Beobachtung anbringen muss, um sie auf 0° zu reduzieren, und dessen 2. Spalte die Änderung der E. M. K. für 1° C. bei der Temperatur t° in $^1/_{1000}$ % angiebt.

t	1 $(E_t - E_0)/E_0$ für das Element von Clark	 Weston	2 Temp.-Coeff. bei t° ($^1/_{1000}$ %) für das Element von Clark	 Weston
0°	0	0	(— 70,9)	— 1,3
10°	— 0,00744	— 0,00018	— 77,9	— 2,5
20°	— 0,01558	— 0,00050	— 84,9	— 3,7
30°	— 0,02442	— 0,00090	— 91,9	— 5,0

Bei 20° C. ändert sich also die E. M. K. des Weston-Elements nur um den 23. Teil des Betrags, der für das Clark-Element gilt. *H. H.-M.*

3. Geschichte.

Leonhard Eulers Lehre vom Äther. Von Dr. Ernst Miething. Progr.-Abh. des Königstädtischen Gymnasiums zu Berlin, Ostern 1894 (Pr. No. 160). Eulers Lehre vom Äther ist in neuerer Zeit mehrfach gewürdigt worden. Rosenberger widmet ihr in seiner Geschichte der Physik (*II 333—343*) eine ausführliche bewundernde Darstellung, und in den neueren Versuchen zur Erklärung der Gravitation durch Ätherdruck spielt die Eulersche Theorie eine hervorragende Rolle. Der Verfasser giebt einen Abriss dieser Theorie nach Eulers „Anleitung zur Naturlehre“ und den „Briefen an eine deutsche Prinzessin“ unter Heranziehung auch anderer Abhandlungen, soweit diese zu dem Gegenstande Beziehung haben. Die Theorie bietet besonderes Interesse dar wegen ihrer Verwandtschaft mit den neuesten Bestrebungen auf dem Gebiete des Lichtes und der Elektricität, die der Verfasser der vorliegenden Abhandlung gebührend hervorhebt. Verdienstlich wäre es gewesen, wenn auch die Vorläufer der Eulerschen Äthertheorie, namentlich die ‚subtile Materie‘ des Descartes, zum Vergleich herangezogen wären. Von Euler selbst rührt das Hauptargument für die Existenz des Äthers her, das aus der zeitlichen Fortpflanzung des Lichtes entnommen ist, während das andere Argument, die Verzögerung der Kometenbahnen durch den Widerstand eines Mittels, noch heut nicht völlig klargelegt ist. Aus der Lichtgeschwindigkeit leitete Euler einen Wert für die wahrscheinliche Dichtigkeit des Äthers ab und fand diese etwa 387 Millionen Mal geringer als die der Luft. Alle Körper in der Welt sah er als aus grober Materie und subtiler Materie (Äther) zusammengesetzt an, von der letzteren nahm er (wie Descartes) an, dass sie den Raum stetig erfülle, legte ihr aber gleichwohl die Eigenschaft der Zusammendrückbarkeit bei. Der Verfasser

erklärt dies für undenkbar, da die Teilchen nicht näher zusammenkommen könnten, wenn nicht ein leerer Raum zwischen ihnen wäre. Indessen hätte ihn schon stutzig machen müssen, dass nach seiner eigenen Angabe auch Jacob Bernoulli und Faraday einer continuierlichen Erfülltheit des Raumes zuneigen und dass Boltzmann ein continuierliches Medium für denkbar hält, das unter Umständen auch zusammendrückbar ist. Vor allem aber sollte beachtet werden, dass die mathematische Theorie nur continuierlich zusammenhängende Volumelemente kennt und mit der variablen Dichtigkeit rechnet; auf diesen Umstand pflegte G. Kirchhoff gern hinzuweisen, wenn auf die atomistische Theorie die Rede kam. — Euler sieht ferner den Äther als elastisch an und zwar schreibt er ihm einen „gewaltsamen Zustand" ähnlich dem der durch Druck zusammengepressten Luft zu, obwohl er für diesen Zustand keine Erklärung zu geben vermag. Der Verfasser verfolgt die Ansichten für und gegen die Elasticität des Äthers bei Poisson, Fresnel, Secchi, Maxwell, Hertz und weist namentlich darauf hin, dass auch Maxwell einen Zwangszustand des Äthers annimmt, durch den eine actio in distans entbehrlich wird. In diesem Zusammenhange glaubt der Verfasser auch eine Äusserung Kirchhoffs beanstanden zu müssen, der gelegentlich die Ansicht aussprach, dass sich einer so enorm schnellen Folge von Impulsen gegenüber, wie dies beim Licht der Fall ist, auch das verdünnteste Gas als incompressible Flüssigkeit verhalten würde. Wenn indessen Kirchhoff eine solche Ansicht äusserte, so war sie sehr wohlerwogen und entsprang einem genialen Tiefblick in das Wesen der mechanischen Vorgänge; man darf ein solches Wort nicht allzu rasch mit anderen „unbewiesenen Vermutungen" auf eine Stufe stellen. Auch Kirchhoff pflegte übrigens in seinen optischen Vorlesungen zu betonen, dass sich der Äther hinsichtlich seiner Transversalschwingungen wie ein fester Körper verhalte.

Zu den Erscheinungen, die Euler durch die Annahme des Äthers zu erklären suchte, gehört zunächst die Festigkeit der Körper; auch die Wärme besteht nach ihm in einer „Bewegung der subtilen Materie". Er zeigte sich hierin, indem er mit dem „Wärmestoff" brach, als ein Vorläufer der modernen Ansichten, doch teilt er auch diesen Ruhm mit Descartes. Zur Erklärung der Elasticität der Körper musste er eine künstliche Hypothese über geschlossene und offene Poren ersinnen. Die Schwerkraft suchte er aus dem Gesetz abzuleiten, dass der Ätherdruck gegen den Mittelpunkt der Erde proportional mit der Entfernung abnimmt; doch erkannte er selbst die Schwierigkeiten sehr wohl, die dieser Theorie entgegenstehen. Die Elektricität endlich erklärte er durch Zusammendrückung oder Verdünnung des Äthers in den Poren der Körper. Trotz aller Mängel dieser Erklärungsweise will der Verfasser ihm die Anerkennung gezollt wissen, dass er zuerst den Äther als Träger der elektrischen Erscheinungen hingestellt, zuerst den Zusammenhang von Licht und Elektricität behauptet und zuerst den Faradayschen Gedanken der Vermittlung elektrischer Wirkungen von Stelle zu Stelle durchzuführen versucht habe. Indessen geht man in solchem Anerkennungsstreben leicht zu weit. Gewisse Denkmöglichkeiten werden eben von schärfer blickenden Geistern erwogen und durchgedacht, ehe die prüfende Forschung zwischen ihnen zu entscheiden vermag. Aber was lediglich ein Spiel der construierenden Phantasie ist, hat für die Naturforschung geringen Wert, so lange nicht die Bestätigung durch die Erfahrung hinzutritt. Und so wird auch die weitere Entwicklung unserer Kenntnisse vom Äther nicht von Spekulationen, wie etwa diejenigen des vom Verfasser mehrfach citierten P. Secchi, sondern vielmehr von der fortschreitenden Analyse der Erscheinungen und ihrer mathematischen Bearbeitung nach der Art eines Heinrich Hertz zu erwarten sein. *P.*

---

4. Unterricht und Methode.

Die Galilei-Newtonschen Bewegungsgesetze als Einleitung in die Mechanik. Von Dr. Hans Schumann (Progr. des K. R. G. zu Würzburg 1894, 34 S.). Der Verfasser hält es in Übereinstimmung mit G. v. Alth (vgl. d. Zeitschr. *VII 140*) für vorteilhaft, die drei Newtonschen Bewegungsgesetze an die Spitze der ganzen Mechanik zu stellen und „auf

hypothetisch deduktivem Wege zu beweisen". Damit ist gemeint, dass die Gesetze in hypothetischer Form eingeführt und durch experimentelle Prüfung der aus ihnen gezogenen Folgerungen als richtig erwiesen werden. Nach einer vorläufigen Orientierung über Kraft und Masse werden deshalb sofort die ersten beiden Gesetze angeführt und verdeutlicht. Beim ersten Gesetz ist das Wort ‚gleichförmig', das in der Newtonschen Fassung neben ‚geradlinig' steht, wie es scheint, mit Absicht weggelassen, was wir indessen nicht als zulässig erachten können. Ebenso wenig ist es correkt, das Gesetz ‚auch in der Form' auszudrücken, dass nur die „Constanz der Bewegungsgrösse" behauptet wird; denn hierin ist die Erhaltung der geraden Richtung nicht mehr enthalten. Auch das zweite Gesetz ist in geänderter Fassung angegeben. Bei Newton heisst es: ‚die Änderung der Bewegung ist der Einwirkung der bewegenden Kraft proportional'; hier dagegen: die Änderung der Bewegungsgrösse ist der Zeit und der einwirkenden Kraft proportional u. s. w. Der zweite Satz ist mit dem ersten nicht identisch, ausser wenn man den Begriff Bewegungsgrösse als Vektorgrösse definiert, wovon aber in der Abhandlung kein Gebrauch gemacht ist; in der jetzigen Form kann der Satz nur als ein Spezialfall des zweiten Gesetzes (nämlich bei nicht geänderter Richtung) gelten. Abgesehen von der Frage der Zweckmässigkeit dieser Änderung, die Referent nicht zu bejahen vermag, sollte soviel philologische Exaktheit unbedingt auch auf unserem Gebiete beobachtet werden, dass ein so abgeänderter Wortlaut nicht mehr (in Kursivschrift gesetzt) als Newtonsches Gesetz bezeichnet werden dürfte.

Es folgen dann Paragraphen über ‚Beschleunigung als Maass für Kräfte und Massen', ‚Gewicht und Masse', ‚Dimension und Maass der Kraft', ‚Gravitationsmaass und absolutes Maass', ‚Berechnung der Beschleunigung im absoluten und im Gravitationsmaasse', ‚Berechnung des Weges bei gleichförmiger Beschleunigung', deren Inhalt zweckmässig ausgewählt und dargestellt ist. Daran schliesst sich der ‚experimentelle Beweis für das zweite Bewegungsgesetz'. Für diesen Beweis wird der bekannte Grundversuch an der Atwoodschen Fallmaschine benutzt; es wird gezeigt, dass 2 g eine Masse von 212 g mit einer Beschleunigung von 9,2 cm in Bewegung setzen, hiermit in 5 Sekunden 115 cm zurücklegen und eine Geschwindigkeit von 46 cm hervorbringen; beim Variieren von Masse, Kraft und Zeit stimme der Versuch stets mit der Rechnung überein. Wir halten diese Art der Beweisführung für viel zu summarisch, als dass damit eine Einsicht in die Richtigkeit der zahlreichen der Rechnung zu Grunde gelegten Annahmen zu erzielen wäre. Auch die Vereinigung der phoronomischen mit der dynamischen Seite des Gegenstandes ist der Klarheit nicht günstig; die neuere Methodik hat sich wohl durchweg für eine getrennte Behandlung dieser beiden Seiten entschieden. Da diese Trennung bei Newton noch nicht streng durchgeführt ist, so empfiehlt es sich nicht, mit den Newtonschen Gesetzen den Unterricht zu beginnen in dem Sinne, dass man sie voranstellt und ihre Richtigkeit nachzuweisen sucht, wobei die Gefahr einer blossen Textinterpretation nach philologischem Muster allzu nahe liegt. Vielmehr wäre eine allmähliche Entwicklung der Begriffe und Begriffsbeziehungen, die schliesslich zu der Newtonschen Formulierung hinführt, wohl dem hier gewählten Verfahren vorzuziehen. In dieser Hinsicht hätte der Verfasser aus Machs Leitfaden der Physik (Oberstufe), den er einmal beiläufig citiert, vieles übernehmen können, wiewohl die dort vorgeschlagene einwurfsfreie Definition des Massenbegriffs in der That für die erste Einführung in die Mechanik zu schwierig ist.

Danach behandelt der Verfasser ‚die Resultante zweier und mehrerer gleichzeitig auf einen materiellen Punkt wirkender Kräfte', ‚die Zerlegung einer Kraft in zwei und mehrere Componenten', und danach ‚das dritte Bewegungsgesetz', dass aber auch in der Fassung vom Newtonschen Wortlaut abweicht. Die hierzu gegebenen Erläuterungsbeispiele sind einfach und lehrreich, auch die Überleitung zur allgemeineren Form des Energieprinzips ist durchaus schulmässig und zugleich sachlich streng gehalten. Dieser Überleitung sind die Abschnitte gewidmet: ‚Arbeit und Maass derselben', ‚Effekt einer Kraft', ‚potentielle und kinetische Energie', Verwandlung von Energieformen und das Energie-

prinzip'. In dem letzteren Abschnitt ist nur zu beanstanden, dass die Vermutung, die Wärme sei kinetische Energie der kleinsten Teilchen, durch das Studium der Wärmeerscheinungen vollauf bestätigt werde. In dem nächsten Abschnitt ‚die einfachen Maschinen' dürfte das Prinzip der virtuellen Verschiebungen nicht fehlen, wenn aus dem Energieprinzip die Gleichgewichtsbedingungen abgeleitet werden sollen. Die letzten beiden Abschnitte ‚vom Stoss unelastischer und elastischer Körper' und ‚schräger Stoss' enthalten bekannte Rechnungen. *P.*

5. Technik und mechanische Praxis.

Weitere Versuche über elektrische Telegraphie ohne Draht. Über die früheren Versuche des Hauptingenieurs der englischen Telegraphenverwaltung W. H. Preece ist bereits in dieser Zeitschrift (*VII 255*) berichtet worden. Er benutzt zur Übertragung die Induktion. Sowohl an der Aufgabe- als an der Empfangsstelle wird in parallelen Ebenen ein Induktionskreis von riesigsn Abmessungen hergestellt. Wird durch den ersten Kreis ein gleichförmig unterbrochener Gleichstrom oder ein Wechselstrom geschickt, so hört man in einem Telephon, das in den anderen Kreis eingeschaltet ist, einen Ton, dessen Schwingungszahl mit der Periode des inducierenden Stromes übereinstimmt. Unterbricht man den ersten Strom längere oder kürzere Zeit mit einem Morse-Schlüssel, so ermöglichen die länger oder kürzer andauernden Töne des Telephons die Übermittlung von Nachrichten. Bei seinen neuesten Versuchen zwischen Kintyre und Arran in Schottland gelang es Preece auf 8 km Entfernung ohne Draht zu telegraphieren (*E. T. Z. XV 532, 1894*). Doch kann das Verfahren weder zur Verständigung von Schiff zu Schiff noch von Schiff zu Land verwendet werden.

Im Laufe des letzten Sommers wurden auf Anregung des Reichsmarineamts auf dem Wannsee bei Potsdam von W. Rathenau, E. Rathenau und H. Rubens Versuche über Telegraphie ohne Drath angestellt, wobei nicht die Induktion, sondern die Erdleitung benutzt wurde. (*E. T. Z. XV 616, 1894*). Die Möglichkeit des Verfahrens wurde zunächst durch einen Laboratoriumsversuch festgestellt. Eine Holzwanne von etwa 1 m^2 Oberfläche wurde mit verdünnter Kochsalzlösung gefüllt und die Verteilung der Stromlinien, welche durch zwei den primären Strom zuführende Elektroden in der Flüssigkeit hervorgerufen wurden, mit Hülfe zweier secundären Elektroden und eines Galvanometers untersucht. Dabei ergab sich, dass, wenn die Entfernung der Primärelektroden gleich der der Secundärelektroden war und den zehnten Teil der Entfernung der Primärelektroden von den Secundärelektroden betrug, ungefähr ein Millionstel des primären Stroms auf den secundären Stromkreis übertragen wurde. Bei den Versuchen im Grossen wurden die beiden primären Zinkelektroden von je 15 m^2 Oberfläche in einem Abstand von 500 m auf den Boden des Wannsee versenkt und durch ein Kabel mit einander verbunden, in das eine Accumulatorenbatterie von 75 Elementen, ein Regulierwiderstand, ein Morse-Schlüssel und ein Stromunterbrecher eingeschaltet waren, welche in einer Sekunde den Strom 150 mal unterbrach und schloss. Die secundäre Stromleitung bestand aus 2 Zinkelektroden von je 4 m^2 Oberfläche, die an zwei Boote befestigt in verschiedenen Abständen (50—300 m) in den See versenkt und durch ein Kabel verbunden wurden, an welchem die beiden Hörtelephone angebracht waren. Die grösste Entfernung, auf welche eine telegraphische Verständigung erzielt wurde, betrug $4^1/_2$ km. Obwohl die Grenze der Hörbarkeit noch keineswegs erreicht war, liessen doch die örtlichen Verhältnisse keine weitere Vergrösserung der Entfernung zu. Bei einem Versuche lag eine Insel, der „Cladower Sandwerder" zwischen der Aufgabe- und Empfangsstelle; es wurde dadurch keine Störung des Betriebes hervorgerufen. Neuerdings hat H. Rubens (*Naturw. Rundschau X 41, 1895*) ein Instrument erfunden, welches das Telephon erheblich an Empfindlichkeit übertrifft und gleichzeitig im Stande ist, die telegraphischen Zeichen auf telegraphischem Wege zu registrieren. Dieser Apparat besitzt ähnlich wie das optische Telephon von M. Wien die sehr hohe Empfindlichkeit nur für einen Wechselstrom von bestimmter Periode. *H. H.-M.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Popular scientific lectures by Ernst Mach, professor of physics in the university of Prague. Translated by Thomas J. Mc Cormack. With 44 cuts and diagrams. Chicago, The Open Court Publishing Company, 1895. 313 S. $ 1,—.

Der vornehm ausgestattete Band enthält zwölf Vorträge, von denen die sechs ersten, vor mehr als zwanzig Jahren teils in Prag teils in Graz einem Laienpublikum dargeboten, von populärer Natur sind, während die letzten sechs bei verschiedenen Gelegenheiten vor wissenschaftlichen Zuhörern gehalten wurden und demgemäss einen strengeren Charakter tragen. Die ersteren sind zwar schon einzeln veröffentlicht, aber bisher kaum bekannt geworden, sie behandeln folgende Gegenstände: die Gestalt der Flüssigkeiten; die Cortischen Fasern; die Ursachen der Harmonie; die Geschwindigkeit des Lichtes; warum hat der Mensch zwei Augen? über Symmetrie. Der Verfasser hat in diesen Vorträgen trotz ihrer populären Bestimmung den Zauber und die Poesie des Forschens zur Geltung bringen und zugleich die Übereinstimmung des wissenschaftlichen und des gewöhnlichen Denkens darthun wollen. Dass ihm dies aufs glänzendste gelungen, braucht den Lesern dieser Zeitschrift nicht erst versichert zu werden. Aber die Vorträge leisten noch mehr; sie haben einen besonderen Wert dadurch, dass der Verfasser nicht hinter der objektiven Darstellung seines Gegenstandes verschwindet, sondern dass er im Gegenteil fortwährend bemüht ist, das Physikalische mit dem Menschlichen, das Mechanische mit dem Seelischen zu verknüpfen und das beiden Gemeinsame in geistreichen oft humorvollen Hinweisen hervorzuheben. Die Vorträge erhalten dadurch einen Reiz, der sich in annähernd ähnlicher Weise vielleicht nur noch bei Henles anthropologischen Vorträgen wiederfindet. Für das auch in dieser Zeitschrift öfter (noch zuletzt in *Heft 3 S. 129*) berührte Problem des Einklanges zwischen poetischer und wissenschaftlicher Weltansicht liefern diese Vorträge vorbildliche Einzellösungen; es ist nur eins zu bedauern: dass ihrer nicht viel, viel mehr sind! Die übrigen sechs Vorträge sind gleichfalls schon, wenn auch teilweise an schwer zugänglichen Stellen, veröffentlicht, sie handeln über: die Grundbegriffe der Elektrostatik (1883), die Erhaltung der Arbeit (nach der 1872 erschienenen Schrift neu bearbeitet), die ökonomische Natur des physikalischen Forschens (1882), Umbildung und Anpassung im wissenschaftlichen Denken (1883), das Prinzip der Vergleichung in der Physik (1894), den Unterricht in den klassischen Sprachen und den Naturwissenschaften (1886). Diese Vorträge sind eine Fundgrube von aufklärenden Auseinandersetzungen über die Grundbegriffe der Naturforschung, der letzte von ihnen knüpft noch einmal an die Frage an, zu deren praktischer Lösung die ersten sechs Aufsätze so glücklich anzuleiten vermögen. Auch wir in Deutschland müssen der Open Court Publishing Co. Dank wissen dafür, dass sie die Anregung zu dieser Sammlung gegeben und den so wertvollen Inhalt allgemeiner zugänglich gemacht hat. Hoffentlich ist auch eine deutsche Ausgabe zu erwarten; falls eine solche erscheint, soll noch näher auf einzelne für den Unterricht besonders beachtenswerte Punkte eingegangen werden.

P.

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1888. Dargestellt von der physikalischen Gesellschaft zu Berlin. XLIV. Jahrgang. 1. und 2. Abteilung (Physik der Materie, Physik des Äthers) redigiert von Richard Börnstein, 479 S. u. 809 S.; 3. Abteilung (Physik der Erde) redigiert von Richard Assmann. 771 S. M. 20,—, M. 30—, M. 30,— — Die Fortschritte der Physik im Jahre 1889. XLV. Jahrgang. 1. Abteilung (Physik der Materie) redigiert von R. Börnstein. 580 S. M. 20,—. — Die Fortschritte der Physik im Jahre 1893. IL. Jahrgang. 1. Abteil. (Physik der Materie) redigiert von R. Börnstein. LXIX u. 562 S. M. 20,—. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1895.

Vor zwei Jahren sind die bekannten Fortschritte der Physik, welche seit 1845 von der physikalischen Gesellschaft herausgegeben werden, in den Verlag von Vieweg & Sohn übergegangen. Es wird dadurch zunächst ein schnelleres Erscheinen des Werkes ermöglicht, da gleichzeitig ein dem laufenden Jahre nahe liegender Band und ein früherer erscheinen. Vor allem ist es Aufgabe der „Fortschritte" gewesen, in möglichster Vollständigkeit einen Überblick der physikalischen Litteratur der gesamten Kulturnationen zu geben. Zeitschriften aller Erdteile, aller Nationen sind berücksichtigt; dadurch war früher oft ein langsames Erscheinen der Bände bedingt. Die Referate geben nach wie vor vielfach einen Ersatz für die Originalabhandlungen, auf die nur diejenigen zurückgehen, die das betreffende Gebiet speziell bearbeiten. Vielfach sind auch die Zahlenwerte mit aufgenommen, während die eingeschlagenen Methoden nur kurz berücksichtigt werden konnten. Die Haupteinteilung ist dieselbe geblieben: 1. Physik der Materie,

2. Physik des Äthers, 3. Physik der Erde. Das Werk, das zunächst für die Erleichterung der wissenschaftlichen Forschung bestimmt ist, bietet auch für den Unterricht und namentlich die Herausgeber der Unterrichtsbücher ausserordentlich viel, um so mehr als auch Unterrichtsversuche, Lehrbücher für Physik, Apparate und Messinstrumente berücksichtigt sind. Den früheren Bänden gegenüber ist, da sonst die Fülle des Stoffes zu gross würde, das Elektrotechnische zurückgetreten, die Physiologie bei der Elektricität gar nicht wieder aufgenommen, wogegen die Verbindung mit der Chemie und den Wissenschaften, die für die Physik der Erde von Wichtigkeit sind (Astronomie, Geologie, Geographie), beibehalten ist. Von der Reichhaltigkeit erhält man eine Vorstellung, wenn man erfährt, dass allein die kurze Aufzählung der Journale 33 Seiten umfasst. Wie weit der Begriff der Physik ausgedehnt ist, wird am besten aus dem Berichte selbst hervorgehen; bei der innigen Verknüpfung der Naturwissenschaften ist es erklärlich, dass von einander weit entfernt scheinende Disziplinen in demselben vereinigt sind. Da jeder Abschnitt von einem mit dem Stoffe vollständig vertrauten Fachmanne bearbeitet wird, sind die Referate, so weit es der Charakter des Referats erlaubt, zuverlässig und sachgemäss; persönliche Kritik ist ausgeschlossen, wie überhaupt Polemik die „Fortschritte" fast nie gefördert hat.

Gerade für Bibliotheken von Schulen vermag das Werk mehr als ein Einzeljournal zu leisten, weil es den Überblick über alle Fachjournale giebt und zugleich zeigt, wo die Arbeiten im Einzeljournal zu finden sind. — Jeder Band würde überdies bei spezieller Benutzung für den Unterrichtszweck für den Fortschritt des physikalischen Unterrichts eine Menge Material liefern. Wohl würde es sich lohnen, aus jedem Bande eine Zusammenstellung nach dieser Richtung hin zu machen; die Frage, wie weit hat der Schulunterricht die in den einzelnen Jahren gemachten wissenschaftlichen Fortschritte zu berücksichtigen und zu benutzen, würde sich dann leicht lösen lassen. Der an und für sich hohe, in Rücksicht auf Umfang und Stoff niedrige Preis sollte kein Hindernis für die Beschaffung eines Werkes sein, das für die spätere Generation den Zusammenhang mit der historischen Entwicklung und der stets wachsenden Ausbreitung der Wissenschaft ermöglicht. Möge das Werk in der wissenschaftlichen Welt und den mit ihr verbundenen Kreisen der Industrie und Pädagogik die Aufnahme und Förderung finden, die es verdient. *Schw.*

Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Leipzig, Wilhelm Engelmann, 1894. No. 56. Die Gesetze der Überkaltung und Gefrierpunktserniedrigung. Zwei Abhandlungen von Sir Charles Blagden (1788). Herausgeg. von A. J. von Oettingen. 49 S. M. 0,80. — No. 57. Abhandlungen über Thermometrie von Fahrenheit, Réaumur, Celsius (1724, 1730—1733, 1742). Herausgeg. von A. J. von Oettingen. 140 S. M. 2,40. — No. 58. Chemische Abhandlung von der Luft und dem Feuer von Carl Wilhelm Scheele (1777). Herausgeg. von W. Ostwald. 112 S. M. 1,80. — No. 59. Otto von Guerickes neue „Magdeburgische" Versuche über den leeren Raum (1672). Übersetzt und mit Anmerkungen versehen von F. Dannemann. Mit 15 Textfiguren. 116 S. M. 2,—.

Die Abhandlungen von Blagden beziehen sich auf die Überkaltung des Wassers und auf die Gefrierpunktserniedrigung durch Salze, wie auch durch Säuren, Alkalien und Alkohol. Das wichtige Gesetz, dass das Salz den Gefrierpunkt nach dem einfachen umgekehrten Verhältnis, in dem es zu dem Wasser der Lösung steht, erniedrigt, kann als Blagdens Gesetz bezeichnet werden. Der Verfasser hat auch vorausgesehen, welche Bedeutung seine Untersuchungen für die spätere Theorie der Molekularstruktur haben würden. — Die thermometrischen Abhandlungen in No. 57 sind von hervorragendem historischen Interesse. Der Herausgeber fügt dankenswerte ausführliche Anmerkungen hinzu, die namentlich auch auf de Luc und Lambert Bezug nehmen und Réaumur jedes Verdienst um die Thermometrie absprechen. — No. 58 enthält das Hauptwerk Scheeles, es findet sich darin die Entdeckung des Sauerstoffs und der Zusammensetzung der Luft. — Mit der Übersetzung des III. Buches von Guerickes Experimenta Nova Magdeburgica in No. 59 ist eine alte Schuld der deutschen Wissenschaft wenigstens zum Teil abgetragen. Sämtliche Abbildungen des Originalwerks, die diesem Buch angehören, sind in passender Verkleinerung wiedergegeben, ferner das Titelbild und das Portrait des Verfassers. Die Anmerkungen des Herausgebers bieten teils historische Erläuterungen, teils berichtigen sie Irrtümer des Verfassers. An einer Stelle setzt Guericke, bei Gelegenheit des Versuchs mit den Halbkugeln, auseinander: „Wenn auch acht Pferde einen mit 2686 Pfund belasteten Wagen ohne grosse Mühe fortziehen können, so ist doch in diesem Falle [bei den Halbkugeln] die Ausübung des Zuges, da sie gegen den Luftdruck und sozusagen mehr gegen die Natur (magis quasi contra naturam) gerichtet ist, schwieriger als beim Fortziehen eines Gewichtes mittels eines Wagens."

Der Herausgeber meint, dass G. hier einen ganz unbegründeten Unterschied mache, da er sich aus den Banden scholastischer Denkweise noch nicht ganz habe freimachen können. Aber jener Unterschied ist so wohlbegründet, dass er vielmehr das feine Verständnis G's. für mechanische Dinge beweist. Der Unterschied ist derselbe wie der zwischen dem Fortbewegen eines Wagens auf horizontaler Bahn und dem Heben desselben senkrecht nach oben. Man sieht leicht, dass auch das „gleichsam gegen die Natur" seinen guten Sinn hat. Die Übersetzung liest sich leicht und glatt, aufgefallen ist dem Ref., dass im Kap. XIX vinculum mit Band übersetzt ist, wo es vielmehr Hindernis bedeutet; auch im Schluss von XXXVI sind Ungenauigkeiten stehen geblieben. *P.*

Lehrbuch der Physik für Studierende. Von Prof. Dr. H. Kayser. Zweite verbesserte Auflage. Mit 334 in den Text gedruckten Holzschnitten. Stuttgart, Ferdinand Enke, 1894. X u. 564 S. M. 10,—.

Die erste Auflage ist in d. Zeitschr. *IV 206* ausführlich besprochen; die dort gemachten Bemerkungen scheinen indessen dem Verfasser nicht bekannt geworden zu sein, da sie durchweg unbeachtet geblieben sind. Die neue Auflage unterscheidet sich von der früheren hauptsächlich durch besseren Druck. Hinzugefügt sind einige kurze Ausführungen über das Prinzip der virtuellen Geschwindigkeiten, über Trägheitsmomente, über natürliche Farben und über Farbenphotographie. *P.*

La Chaleur. Par Pierre de Heen, Membre de l'Académie de Belgique, Professeur de Physique expérimentale à l'Université de Liége. Avec 177 figures dans le texte. Liége, M. Nierstrasz, 1894. X u. 382 S. M. 10,—.

Die Beobachtungsverfahren und Messinstrumente, mit welchen man die in der Wärmelehre auftretenden Grössen bestimmt hat, sind knapp aber deutlich und klar beschrieben und die wichtigsten Versuchsergebnisse in Tafeln und Diagrammen übersichtlich dargestellt. An dem Schlusse eines jeden Kapitels stehen theoretische Betrachtungen, in welchen die aus den Thatsachen sich ergebenden Folgerungen über die wahrscheinliche Constitution der Materie gezogen werden. Der Verfasser weist der Physik die Aufgabe zu, möglichst tief auf die hypothetischen Ursachen der Erscheinungen zurückzugehen. Wenn z. B. Sir W. Thomson mittels des Satzes von der Erhaltung der Energie bewiesen habe, dass die Spannung des Dampfes, welcher sich über einer hohlen Flüssigkeitsoberfläche bildet, geringer ist als die eines Dampfes über einem ebenen Flüssigkeitsspiegel, so sei dieser Beweis streng, aber er umgehe vollständig die Untersuchung der Ursache der Erscheinung. Von diesem Standpunkte aus hat der Verfasser in seinem Werk die Molekularphysik auf das engste mit der Wärmelehre verknüpft. Das ist schon äusserlich an der eigenartigen, aber methodisch beachtenswerten Anordnung des Stoffes zu erkennen. Nach einigen kurzen Ausführungen über Temperatur und Wärmemenge werden zunächst die Gase, dann recht ausführlich die Flüssigkeiten und schliesslich die festen Körper in Bezug auf ihre thermischen Eigenschaften und ihren molekularen Aufbau behandelt. *Hahn-Machenheimer, Berlin.*

Magnetische Kreise, deren Theorie und Anwendung. Von Dr. H. du Bois. Mit 94 in den Text gedruckten Abbildungen. Berlin, J. Springer, München, R. Oldenbourg, 1894. XIV u. 382 S. M. 10,—.

Das Buch stellt den gegenwärtigen Stand der theoretischen und experimentellen Forschung auf dem Gebiet des Magnetismus dar, indem es die bewährten älteren mit den kritisch gesichteten neueren Ergebnissen zu einem Ganzen verschmilzt. Es setzt voraus, dass der Leser vertraut ist mit den Ergebnissen der experimentellen Erforschung der Induktionsvorgänge im Eisen, soweit diese Ewing in seinem trefflichen Werke zusammengefasst hat. Das Buch zerfällt in zwei Teile, von denen der erste die Theorie und der andere die Anwendungen behandelt. Die beiden einleitenden, mehr elementar gehaltenen Kapitel entwickeln die Lehre vom unvollkommenen magnetischen Kreis; die beiden folgenden legen die Grundzüge der Theorie der „starren" und der absolut „weichen" Magnete unter Anlehnung an die Behandlungsweise von Maxwell dar, wobei durch Bevorzugung einer geometrischen und graphischen Darstellungsart analytische Weitläufigkeiten vermieden und Klarheit und Anschaulichkeit erreicht worden sind. Das grundlegende fünfte Kapitel behandelt eingehend die Magnetisierung geschlossener und radial geschlitzter Toroide. Das sechste Kapitel, das erste des zweiten Teiles, erörtert die allgemeinen Eigenschaften der magnetischen Kreise und das schöne siebente Kapitel giebt eine historisch-kritische Darlegung der Analogie der magnetischen Kreise mit anderen Stromkreisen. Die beiden folgenden Kapitel erläutern kurz die Anwendung der entwickelten Lehren auf die wichtigsten Maschinen und Apparate, welche in der Technik und in den Laboratorien verwendet

werden. Die beiden Schlusskapitel sind den experimentellen Messmethoden gewidmet. — Die Benennungen und die Bezeichnungsweise, die folgerichtig durchgeführt wurden, sind übersichtlich geordnet am Schluss des Buches zusammengestellt. Zahlreiche Quellennachweise ermöglichen die weitere Verfolgung der vom Verfasser benutzten Einzeluntersuchungen. Dabei wird sicherlich die Anführung der treffendsten englischen Fachausdrücke das Lesen der wichtigen einschlägigen britischen und amerikanischen Abhandlungen sehr erleichtern.

Das rasche Emporblühen der Elektrotechnik hat die ihr zum Grunde liegenden Gebiete der reinen Physik in hohem Grade gefördert und macht auch immer gebieterischer eine Umgestaltung der entsprechenden Teile der Schulphysik, vor allem Änderungen in der Behandlung der Lehre vom Magnetismus erforderlich. Vor dem Beginn dieser schwierigen Aufgabe ist aber, ganz abgesehen von allen didaktischen Erwägungen, eine gründliche kritische Sichtung der sehr ungleichwertigen Ergebnisse, welche die Technik in wilder Hast während der beiden letzten Jahrzehnte geliefert hat, unbedingt geboten. Das vorliegende Buch bietet den Fachgenossen, welche sich zu dieser Arbeit berufen fühlen, ein Hilfsmittel ersten Ranges. *Hahn-Machenheimer.*

Lehrbuch der geometrischen Optik. Von R. S. Heath, M. A., D. Sc., Prof. der Mathematik am Mason College in Birmingham. Deutsche autorisierte und revidierte Ausgabe von R. Kanthack, M. Inst. M. E. Mit 155 in den Text gedruckten Figuren. Berlin, J. Springer, 1894. XIII u. 386 S. M. 10,—.

Das Buch, welches die Arbeiten von Gauss, Listing, Maxwell, Helmholtz und Abbe besonders berücksichtigt, zeichnet sich durch eine methodisch recht geschickte Anordnung des Stoffes aus, indem stets von den einfacheren zu den allgemeineren und verwickelteren Aufgaben fortgeschritten wird. Die Erscheinungen der Spiegelung und Brechung werden erst mit Hilfe einzelner Strahlen, dann mit Benutzung centraler Strahlenbüschel dargestellt. Die Gausssche Lehre von den Linsen wird zunächst elementar-geometrisch behandelt und dann nach dem eleganten Verfahren, welches wir Gauss selbst verdanken, entwickelt. Dem Abschnitt über Brennlinien und Brennebenen liegen die Abhandlungen von Cayley zu grunde. Auf das Kapitel über die Aberration centraler Strahlenbüschel folgt die Untersuchung der Gestalt und Eigenschaften enger Strahlenbüschel, und zwar geht der Behandlung dünner Strahlenbüschel nach Maxwells Verfahren eine Theorie der allgemeinen Eigenschaften aller der engen Strahlenbüschel voraus, welche keine zweifache Mannigfaltigkeit von Normalen bilden. An die Darstellung der Dispersion und Achromasie schliessen sich Abschnitte, welche das Auge und das Sehen, die optischen Instrumente und die Bestimmung der optischen Constanten behandeln. Den Schluss bildet ein Kapitel über die Brechung durch Mittel von veränderlicher Dichtigkeit und die meteorologische Optik. — Das Buch ist fast gänzlich vom Standpunkt des Mathematikers aus geschrieben, und die Darstellung bevorzugt zumeist die analytischen vor den rein geometrischen Verfahren. Der Hauptwert des Buches liegt daher in den rein theoretischen, geometrisch-optischen Abschnitten, während die Teile, welche die optischen Instrumente behandeln, unvollständig sind und nur als eine nützliche Vorstufe für das Werk von Czapski angesehen werden können. Die sorgfältige und klare Übersetzung ist auf Anregung und mit Unterstützung von Czapski hergestellt worden und enthält vielfach Zusätze, welche Lücken und Ungenauigkeiten des Originals beseitigen. *Hahn-Machenheimer.*

Jahrbuch der Chemie. Bericht über die wichtigsten Forschungen der reinen und angewandten Chemie. Herausgegeben von Richard Meyer. III. Jahrgang, 1893. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn, 1894. 603 S. geb. M. 15,— oder M. 16,50.

Bei dem Erscheinen des ersten Bandes ist auf die Wichtigkeit dieser Jahresberichte hingewiesen worden. Der vorliegende Band hat den ursprünglichen Charakter bewahrt und ist auch wie schon der zweite Band 1892 (erschienen 1893) in der bekannten Verlagshandlung erschienen, so dass die Weiterherausgabe gesichert erscheint. Neu berücksichtigt ist die Geschichte der Chemie in der Weise, dass historische Publikationen bei den einzelnen Abschnitten zur Berücksichtigung kamen, denen sie gerade angehören (Mitscherlich C. II und III, Scheeles Briefe II und III u. s. w.). Das Kapitel Technologie der Fette, das für den laufenden Jahrgang wenig bot, wird im folgenden besprochen werden. Die Abschnitte sind: I. Physikalische Chemie von Nernst; II. Anorganische Chemie von G. Krüss; III. Organische Chemie von C. A. Bischoff; IV. Physiologische Chemie von F. Röhmann; V. Pharmaceutische Chemie von H. Beckurts; VI. Chemie der Nahrungs- und Genussmittel von H. Beckurts; VII. Agrikulturchemie von M. Märcker und C. Schneidewind; VIII. Metallurgie von Dürre; IX. Brennstoffe und anorganisch-chemische Technik von Häussermann; X. Explosivstoffe von Häussermann;

XI. Technologie der Kohlehydrate und Gährungsgewerbe von Märcker, Beckurts, Schneidewind; XII. Theer- und Farbenchemie von R. Meyer; XIII. Chemische Technologie der Spinnfasern von R. Meyer; XIV. Photographie von Eder und Valenta.

Die Namen der Mitarbeiter bürgen für richtige, sachgemässe Auswahl und Darstellung. Das Buch eignet sich vor allem für Bibliotheken kleinerer Anstalten und zur Privatbeschaffung, da der Preis mässig ist und das Buch ein Mittel an die Hand giebt, auch in Beziehung auf den Unterricht Thatsachen zu verwerten, welche nach den neueren Fortschritten in der Chemie und Technologie nicht mehr unberücksichtigt bleiben können. *Schw.*

Handbuch der anorganischen Chemie. Herausgegeben von Dr. O. Dammer, unter Mitwirkung von Benedict, Gadebusch, Haitinger, Lorenz, Nernst, Philipp, Schellbach, v. Sommaruga, Stavenhagen, Zeisel. Band II Teil 1, VIII u. 715 S., Teil 2, XIII u. 966 S. Stuttgart, Ferd. Encke, 1894.

Auf Band I und III ist in dieser Zeitschrift (*VII 102*) schon hingewiesen. Wie angekündigt ist nun auch Band II bald darauf erschienen, so dass das vortreffliche Werk vollständig vorliegt, ein Nachschlagewerk, das dem jetzigen Stande der Wissenschaft entspricht und durch die Schnelligkeit des Erscheinens vor dem Vorwurfe bewahrt ist, dass während der Herausgabe schon manches wieder veraltet oder unvollständig ist. Band II umfasst in der ersten Abteilung *N*, *P*, *As*, *Sb*, *Bi*, *C*, *Si*, *Ti*, *Ge*, *Sn*, *T*, in der zweiten Abteilung *K*, *Na*, *Li*, *Rb*, *Cs*, *Am*, *Ca*, *Sr*, *Ba*, *Be*, *Mg*, *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Th*, *Cu*, *Ag*, *Hg*. Die Hinweise auf die Entdecker und Originalabhandlungen ermöglichen leicht weitere litterarische Nachforschung. *Schw.*

Die Praxis des Chemikers. Von Dr. Fritz Elsner. 5. Auflage. 148 Abb. 622 S. Hamburg, Voss, 1893.

Da in den letzten Jahrzehnten von seiten des Staates der Hygieine eine ganz ausserordentliche Aufmerksamkeit zugewendet ist, hat sich ein neuer Zweig der praktischen Chemie ausgebildet, der die chemische Untersuchung aller in Betracht kommenden Genussmittel und Gebrauchsgegenstände zum Zweck hat. Mit dem vorliegenden Werk beabsichtigt der Verfasser einerseits, denen, welche sich der Nahrungsmittel-Chemie widmen wollen, die gehörige Anleitung zu geben, andrerseits, die Fachleute mit solchen Neuerungen, die sich in der Praxis bewährt haben, sowie mit den gesetzlichen Verordnungen, die im Laufe der Zeit auf dem in Rede stehenden Gebiet erschienen sind, eingehend bekannt zu machen. Auch für den Lehrer hat das Buch einen gewissen Wert, insofern es ihn über viele Kapitel der praktischen Chemie ausführlicher orientiert als die gewöhnlichen Handbücher der chemischen Technologie und ihn in den Stand setzt, auf die eventuell seitens der Schüler und des Publikums an ihn gerichteten Fragen Auskunft zu erteilen. Einige Abschnitte, wie die Hygieine der Luft und des Wassers und die bakteriologischen Untersuchungsmethoden, dürften für ihn von besonderem Interesse sein, da er ihnen mancherlei für den Unterricht Brauchbares entnehmen kann.

Bemerkt sei noch, dass im Buchhandel bereits die ersten Lieferungen der 6. Auflage erschienen sind. *R. Lüpke.*

Die Praxis des Organischen Chemikers. Von Dr. Ludwig Gattermann, a. o. Professor an der Universität Heidelberg. Mit zahlreichen Abbildungen im Text. Leipzig, Veit & Comp. 1894. 303 S. M. 6,—.

Das Buch ist dazu bestimmt, den Studierenden in die praktischen Arbeiten der organischen Chemie einzuführen, sowie ihn in den Stand zu setzen, die wichtigsten Operationen völlig selbständig auszuführen. Zu letzterem Zweck sind in einem „Allgemeinen Teil“ die häufigsten Operationen wie Krystallisation, Sublimation, Destillation, Erhitzen unter Druck, ferner die organische Elementaranalyse an der Hand sehr sorgfältiger Zeichnungen ausführlich erörtert. Gerade aus diesem Teile sind auch für den organisch-chemischen Unterricht der höheren Schulen, der leider durch die neuen Lehrpläne teils ganz ausgemerzt, teils auf ein Minimum reduziert worden ist, wertvolle Angaben zu entnehmen. Im „Speziellen Teil“ werden die wichtigsten Reaktionen an einer Menge einzelner abgeschlossener Beispiele erläutert, wobei mit dem „Ersatz alkoholischer Hydroxylgruppen durch Halogen“ begonnen wird; die aromatische Reihe ist besonders umfangreich behandelt. Der so wichtigen theoretischen Seite dieser praktischen Arbeiten ist die gewissenhafteste Würdigung zu teil geworden. Das reich ausgestattete Buch wird sich neben den Anleitungen von E. Fischer und Levy gewiss viele Freunde erwerben. *O. Ohmann.*

Leitfaden der Chemie insbesondere zum Gebrauch an landwirtschaftlichen Lehranstalten. Von Dr. H. Baumhauer. Freiburg i. B., Herder, 1894. II. Teil, organische Chemie. 2. Auflage. 16 Abb. 82 S. M. 0,80.

Das günstige Urteil, welches sich auf den I. Teil dieses Leitfadens, die anorganische Chemie (*VII 257*) bezog, kann der Referent mit vollem Recht auch von dem II. Teil abgeben. Hinsichtlich der an sich nicht leichten Auswahl und Anordnung des Stoffes scheint der Verfasser im allgemeinen das Richtige getroffen zu haben. In leicht verständlichen Worten führt er den Schüler in die hauptsächlichsten Lehren der Kohlenstoffverbindungen, die dem Standpunkt der Wissenschaft ganz entsprechen, ein. Sogar die Strukturchemie, sowie die Synthese werden in ausreichendem Maasse berücksichtigt. Aber auch die wichtigsten Industriezweige, welche von pflanzlichen und tierischen Rohprodukten ausgehen, werden eingehend genug erörtert. Überhaupt wird die praktische Bedeutung der Kohlenstoffverbindungen, insbesondere derjenigen, welche für die Lebensprozesse der Organismen eine hervorragende Rolle spielen, gehörig betont. Nur hätte der Verfasser auf die Papierfabrikation näher eingehen und das Kapitel der aromatischen Verbindungen etwas weiter ausdehnen können.

Wenn auch dieser Leitfaden in erster Linie für landwirtschaftliche Schulen bestimmt ist, so ist er doch auch für die höheren Schulen wohl zu empfehlen. *R. Lüpke.*

Roscoe-Schorlemmers kurzes Lehrbuch der Chemie. Von Henry E. Roscoe und Alexander Classen. Zehnte vermehrte Auflage. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1894. XXVI u. 541 S. M. 7,50.

Die vorliegende zehnte, von A. Classen besorgte Auflage hat teilweise eine Neubearbeitung erfahren. Diese betrifft hauptsächlich den organischen Teil (S. 316—514), in welchem nunmehr, der besseren Übersichtlichkeit halber, Zusammensetzung und Reaktionen durchweg in aufgelösten Formeln ausgedrückt sind. Die Bemerkung (S. 73) „Der Kohlenstoff ist ein fester Körper, welcher bei der höchsten Temperatur, die man künstlich hervorbringen kann, weder schmilzt noch sich verflüchtigt" wäre besser dahin zu ergänzen, dass dieses Element nur mit Hülfe des elektrischen Stromes (als Kohlenfaden in der Glühlampe) sublimiert werden kann. Im übrigen bedarf das Lehrbuch, eine durchaus bewährte Zusammenstellung des Wissenswertesten aus der Chemie, der weiteren Empfehlung nicht mehr. *O. Ohmann.*

Vierstellige Logarithmentafeln nebst mathematischen, physikalischen und astronomischen Tabellen, für den Schulgebrauch zusammengestellt von Dr. A. Schülke. Leipzig, B. G. Teubner 1895.

Die vorliegenden Tafeln gehen von dem Grundsatz aus, dass die Genauigkeit in dem numerischen Zahlenrechnen dem Gesichtskreis der Schule entsprechen soll, in keinem Falle aber ihn ohne Not zu überschreiten hat. Der Referent denkt noch der nicht allzufernen Zeit, in der Schüler sich mit dem schweren Geschütz siebenstelliger Logarithmentafeln zu schleppen hatten, während Studierende an der Universität sich schon der Bequemlichkeit vierstelliger Logarithmentafeln erfreuten. Auch die von der Schulverwaltung gegenwärtig bevorzugten fünfstelligen Logarithmentafeln nehmen Zeit und Kraft des Unterrichts und der Schüler in ganz unnötiger Weise in Anspruch. Die Beschränkung auf vier Stellen gestattet auf 18 Seiten nicht allein den alten Inhalt der Logarithmentafeln in ausserordentlich übersichtlicher Form wiederzugeben, sondern diesen zum Vorteil für den Unterricht noch wesentlich zu bereichern. Als solche Bereicherung mögen Tafeln für die natürlichen trigonometrischen Funktionen, für Bogenlängen, reziproke Zahlen, Wurzeln und natürliche Logarithmen sowie Tabellen physikalischer und astronomischer Constanten hervorgehoben werden. Die Teilung der Grade ist wie auch bei den vierstelligen Bremikerschen Logarithmen die dezimale. Für die log. sin. und tang. kleiner Winkel ist eine besondere Tafel aufgenommen, welche wegen der dann stattfindenden strengen Proportionalität gestattet zu beliebig kleinen Winkeln fortzuschreiten. Für die Logarithmen der Zinsfaktoren von 1000—1100 ist eine fünfstellige Tafel hinzugefügt.

Der Zweck der Tafeln zum Schulgebrauch ist ein anderer wie der zum berufsmässigen Rechnen, und darum wird man die sonst üblichen, seitlich angebrachten Differenztäfelchen nicht vermissen. Die Tafeln können auch den Studierenden an Hochschulen empfohlen werden. *P. V.*

Akustik des Baumeisters oder der Schall im begrenzten Raume. Von A. Sturmhoefel, Stadtbaurath a. D. Mit 22 Textfiguren. Berlin, Schuster und Bufleb, 1894. VI und 88 S.

Der Verfasser giebt in der ausserordentlich anregend geschriebenen Abhandlung nach einigen Grundlehren der physikalischen Akustik die wichtigsten Gesetze und praktischen Regeln, die bei dem Bau von Concertsälen, Kirchen u. s. w. zu berücksichtigen sind, vielfach auf Grund eigener, ad hoc angestellter Versuche. So werden u. a. die glatten Wände in ihrer Eigenschaft als Schallspiegel sowie die reliefierten Flächen in ihrer schallzerstreuenden Wirkung eingehend erörtert, ferner wird nachgewiesen, wie die Reflexwirkungen in ihrer Gesamtheit die direkte Schall-

wirkung überragen, so dass „ein Versammlungsraum selbst für mehr als viertausend Sitzplätze, wenn er zweckmässig gestaltet und durchgebildet ist, von der menschlichen Stimme in befriedigender Weise beherrscht werden kann“, wobei mehrfach die günstigen akustischen Verhältnisse des Oberammergauer Theaters herangezogen werden. Wenngleich einige weniger wesentliche Punkte des ersten Teiles vom physikalischen Standpunkt aus anfechtbar sind (u. a. S. 4, Zeile 11 bis 21, Zeile 24, S. 22), so kann dies gegenüber dem im Ganzen Gebotenen nicht ins Gewicht fallen. Jeder der sich für die Akustik interessiert, wird aus dem Buche vielseitige Anregung schöpfen und manches davon auch im Unterricht verwerten können. *O. Ohmann.*

Programm-Abhandlungen.

Über elektrische Figuren. Von H. Oberbeck, Herzogl. Karls-Gymnasium zu Bernburg. Ostern 1894. 25 S.

Der Verfasser giebt eine ziemlich erschöpfende historische Übersicht über jene eigenartigen „elektrischen Figuren“, welche sich durch positive und negative Entladungen hervorbringen lassen und die zu den wenigen Erscheinungen gehören, in denen sich eine spezifische Verschiedenheit beider Elektricitäten zu äussern scheint. Er unterscheidet vier Gruppen: 1) Figuren haftender Elektricität, die durch Aufstreuen eines Pulvers sichtbar gemacht wird (Lichtenbergsche, Kundtsche Staubfiguren); 2) Figuren rein mechanischer Einwirkung der Entladung (von Holtz, Abria, Antolik, Dvořák u. a.); 3) Figuren, die durch mechanische und chemische Einflüsse gebildet werden (Hauch- und Zerstäubungsfiguren; Priestleysche, Nobilische und Guébhardsche Ringe); 4) Figuren rein chemischer Einwirkung der Entladung (Jodfiguren, Figuren auf lichtempfindlichen Platten). — Die kritische Zusammenstellung der von verschiedenen Forschern für diese Figuren gegebenen Erklärungen zeigt, dass es noch nicht gelungen ist, eine alle Erscheinungen umfassende Hypothese aufzustellen, dass namentlich die Ursache der verschiedenartigen Wirkung positiver und negativer Elektricität noch nicht genügend festgestellt ist. Hier liegt noch ein Feld für die Forschung offen, und wer es betritt, wird die vorliegende Abhandlung nicht entbehren können. *E. Schenck, Berlin.*

Technologische Prozesse für den chemischen Unterricht. Von Dr. L. Köhler. Realschule vor dem Holstenthore zu Hamburg, 1894. Progr. No. 737.

Der Verfasser hat einige der wichtigsten chemisch-technologischen Prozesse, nämlich die Fabrikation der Schwefelsäure, die Vorgänge im Eisenhohofen und die Gewinnung des Leuchtgases nach den bewährten Grundsätzen der Methodik für den Unterricht bearbeitet. Es wird die Theorie dieser Prozesse in Übereinstimmung mit den neusten Forschungen auseinandergesetzt, nachdem zum Verständnis derselben eine Reihe passender Versuche, welche dem Fabrikationsgang möglichst genau entsprechen und sich nach eigner Erfahrung des Referenten leicht und sicher ausführen lassen, vorangeschickt ist. Die Abhandlung ist daher den Fachkollegen wohl zu empfehlen. *R. Lüpke.*

Versammlungen und Vereine.

Physikalische Gesellschaft zu Berlin.

Sitzung am 19. Oktober 1894. Herr E. du Bois-Reymond gedachte des Verlustes, den die Gesellschaft durch den Tod ihres Präsidenten H. v. Helmholtz erlitten hat. — Herr R. Börnstein führte einen lichtelektrischen Versuch der Herren Elster und Geitel vor. — Herr A. König sprach über den menschlichen Sehpurpur im Anschluss an seine mit E. Köttgen ausgeführten Versuche (Ber. Berl. Ak. 21. Juni 1894). Die Versuche nötigen zu folgenden Annahmen: In der fovea centralis und allen Zapfen kommt kein Sehpurpur vor; die der Reizschwelle zukommende farblose Empfindung wird durch schwache Zersetzung des Sehpurpurs verursacht; bei stärkerer Zersetzung des Sehpurpurs entsteht die Empfindung blau; die noch unbekannten Sehsubstanzen für rot und grün sind schwerer zersetzbar als der Sehpurpur; bei Totalfarbenblinden ist der Sehpurpur die einzige lichtempfindende Substanz; die Ungültigkeit des Newtonschen Farbenmischgesetzes rührt daher, dass mit steigender Intensität des Lichtes sich die spektrale Verteilung seines Reizwertes ändert; der physiologische Vorgang bei der Weissempfindung ist qualitativ von dem Vorgang der Grauempfindung (der Reizschwelle) verschieden.

Sitzung am 2. November 1894. Herr E. du Bois-Reymond widmete dem verstorbenen N. Pringsheim Worte der Erinnerung. — Herr C. M. Wind gab eine Übersicht über neuere Untersuchungen bezüglich des Kerrschen Phänomens. Er setzte die Lorentzsche Theorie aus-

einander, besprach die anschliessenden Arbeiten von van Loghem, Kaz, Sissing und Zeemann, dann die Theorieen von Goldhammer und Drude. Lorentz macht die Annahme, dass der „Hall-Effekt“, wie bei den Leitungsströmen, so auch bei den Verschiebungsströmen, die mit den ersteren zusammen die Lichtschwingungen bilden, sich geltend mache; der Vortragende fügt dem noch die Annahme hinzu, dass die Hall-Wirkung im allgemeinen für beide Teile ungleiche Stärke habe und erreicht so einen genauen Anschluss der Lorentzschen Theorie an die Erscheinungen.

Sitzung am 16. November 1894. Herr H. W. Vogel sprach über Farbenwahrnehmungen bei monochromem und dichromem Licht, wozu ihn Beobachtungen wie das weissliche Aussehen der Goldmünzen bei Lampenlicht, die abnormen Farbeneffekte in farbig verglasten Räumen u. a. veranlasst hatten. Er experimentierte mit einer elektrischen Lampe und farbigen Glasplatten oder Cuprammonlösung, auch mit Natriumflammen und Argandflammen mit Rubinrotcylinder. Die anscheinend abnormen Urteile über Contrastfarben erklärt er durch folgende Annahme: Wir erachten eine Fläche für gelb, wenn uns der Mangel an blauen Strahlen (z. B. im Schatten von blauem Licht) zum Bewusstsein kommt, für grün bei dem Mangel roter, für rot bei dem Mangel grüner, für blau bei dem Mangel gelber oder rotgelber Strahlen. Auch die Magnesiumlampe von Süss in Marburg, die stundenlang brennt ohne zu erlöschen, ist für solche Versuche brauchbar. — Herr H. Rubens berichtete über Ferntelegraphie ohne Draht (vgl. d. Heft S. 280).

Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts in Wien.

Der im Januar d. J. begründete Verein hielt am 30. März im Festsaal des K. K. Staats-Real- und Ober-Gymnasiums im VI. Bezirk seine constituierende Versammlung ab, an der sich zahlreiche Angehörige der Wiener Hoch-, Mittel- und Bürgerschulen beteiligten. Den Vorstand bilden die Herren V. v. Lang, M. Glöser, K. Haas, F. S. Daurer, J. Kraus, H. Huber, E. Maiss, A. Höfler, M. Kuhn, J. Schweighofer. — In der ersten Sitzung führte Herr K. Haas die von ihm construierten Apparate zur Demonstration der Präcession der Tag- und Nachtgleichen und der Ballschen Eiszeittheorie, sowie seinen Präcessionsglobus vor. Ferner machte der Vortragende Auseinandersetzungen über einen Brechungsapparat (d. Heft S. 266), über einen nach seiner Angabe hergestellten Stabilitätsapparat, mittels dessen die Bedingungen der Stabilität unabhängig von einander vorgeführt werden können, sowie über die Herstellung und Fixierung magnetischer Kraftlinien. Versuche mit Gülchers Thermosäule beschlossen den Vortrag.

Dem jungen Vereine wird in den Kreisen, die unserer Zeitschrift nahe stehen, das lebhafteste Interesse entgegengebracht.

Correspondenz.

Über den Handfertigkeitsunterricht am sechsklassigen Lehrerseminar in Cöthen, der mit besonderer Rücksicht auf die Anforderungen der physikalischen Unterrichtspraxis erteilt wird, macht Herr Seminaroberlehrer Dr. A. Pabst folgende nähere Mitteilung:

„Der Schwerpunkt der praktischen Arbeiten, die in einer Mittelklasse im Winterhalbjahr obligatorisch (zwei Stunden wöchentlich), in den oberen Klassen fakultativ betrieben werden, liegt in der Bearbeitung der Metalle und des Glases. Das Arbeitszimmer ist dementsprechend mit einem Werktisch und der nötigen Anzahl von Schraubstöcken, sowie mit allen erforderlichen Werkzeugen ausgestattet. Die Glasarbeiten werden am Bunsen- (Teclu-) Brenner, sowie an der Lötlampe ausgeführt.

I. Die Metallbearbeitung erstreckt sich auf Feilen, Nieten, Bohren, Löten, Härten von Stahl, Bearbeitung von Draht und Blech, event. auch Lackieren und Schneiden eines Gewindes. Die wichtigsten Werkzeuge (z. B. Bohrer) werden angefertigt und die Eigentümlichkeiten des zu bearbeitenden Stoffes werden genügend hervorgehoben (z. B. Erwerbung der Federkraft des Messings durch Hämmern, Magnetischwerden des Eisens durch Feilen, Anlassfarben des Stahles, Weichmachen des Eisens u. s. w.)

II. Die Glasbearbeitung beginnt mit Behandlung der Röhren (Abbrechen, Abrunden der Bruchränder, Erweitern in der Flamme, Löten, Ausziehen zur Spitze und Zuschmelzen, Biegen, Ausziehen zu Kapillaren, Anblasen einer Kugel, Einschmelzen eines Platindrahtes, Herstellung einer Öffnung in der Flamme); sodann folgt das Absprengen von Cylindern und Flaschen (mit der Schnur, mit Sprengkohle, mit dem Draht oder Lötkolben), das Abschleifen oder Mattschleifen mit Schmirgel, das Bohren eines Loches und das Schneiden einer Scheibe (mit dem Stahlrädchen oder mit dem Diamanten).

III. An die Bearbeitung der Metalle und des Glases schliesst sich das Wesentlichste an über die Behandlung anderer Materialien, soweit diese für die physikalische Technik in Betracht kommen, also zunächst: Kork, Kautschuk, Hartgummi, Quecksilber, Amalgam; auch Gips, Schellak, verschiedene Kitte und Firnisse finden Verwendung. Einige Übungen in der Bearbeitung von Holz und Pappe ergeben sich von selbst und werden möglichst mit den einfachsten Werkzeugen und Hilfsmitteln ausgeführt.

IV. Nachdem die Vorübungen erledigt sind und einige Herrschaft über Werkzeug und Material gewonnen ist, beginnt der fortgeschrittenere Schüler mit der Anfertigung einfacher Apparate und Modelle, wobei möglichst verschiedene Gebiete der Physik berücksichtigt werden. Ich begnüge mich damit, einige der wichtigeren und zum grossen Teil wohlgelungenen Erzeugnisse unserer Werkstatt anzuführen: Apparate aus der Mechanik (Modelle einfacher Maschinen, Schwerpunkt und Gleichgewicht, Centrifugalbahn), Segnersche Wasserräder, Saugpumpen u. dgl.; akustische Apparate (Luftstossapparat, Sirene, Interferenzröhre); optische Apparate für Reflexion und Brechung, Kaleidoskop, Stereoskop u. dgl.; Pyrometer, Schiebersteuerung; Magnetnadel, el. Pendel, Elektroskop, Elektrophor, Elektrisiermaschine, Elektromotoren, Stromwechsler, Tangentenboussole, Modelle des Morsetelegraphen mit zwei Stationen u. s. w." —

Man vergleiche auch den Bericht über eine Abhandlung des Einsenders in dieser Zeitschrift *II 256*.

Zu der Programmabhandlung von O. Ohmann: „Ein Plan zur Beschaffung von Mineralien" (d. Zeitschr. *VIII 51*) teilt uns Herr Dr. J. Kraus (Wien) folgendes mit:

„Es dürfte vielleicht Ihr Interesse erwecken, dass der Plan zur Beschaffung von Mineralien, welchen Sie im 1. Heft des 8. Jahrgangs günstig besprechen, bei uns in Wien bereits in Ausführung begriffen ist. Schon vor mehr als zwei Jahren hat der Direktor des k. und k. naturhistorischen Hofmuseums Dr. Aristides Brezina einen Plan zur Beschaffung von Mineralien, wie ihn Herr O. Ohmann entwickelt hat, in der Zeitschrift für das österreichische Volksschulwesen veröffentlicht, aber auch gleichzeitig Schritte gethan, um die geplante Lehrmittelcentrale zu schaffen. Durch die Unterstützung der Commune Wien und des k. k. Unterrichtsministeriums ist es möglich geworden, diese Centrale einzurichten, welche sich die Aufgabe stellt, Volks- und Mittelschulen Österreichs das mineralogische Anschauungsmaterial zu bieten (Wien 17. Elterleinplatz 1). Das Ackerbauministerium hat verordnet, dass die staatlichen Bergwerke nur an die Centrale alle abgebbaren Stücke liefern dürfen. Auch die dem Finanzministerium unterstehenden Salzbergwerke sind angewiesen, unsern Bedarf an Salz zu decken. Der Unterrichtsminister hat verordnet, dass alle Mittelschulen ihren Bedarf bei uns decken müssen. Der Handelsminister gewährt uns teils Frachtfreiheit (für die an uns adressierten Mineralien) teils Ermässigung für die von uns verschickten Sammlungen. Die Subvention der Commune deckt die Miete und die Einrichtungskosten.

Es sei hierzu bemerkt, dass der Plan von O. Ohmann bereits vor vier Jahren, im Frühjahr 1891, der preussischen Behörde vorgelegen hat, dass indessen die zu seiner Verwirklichung versuchten Schritte bis jetzt zu keinem Ergebnis geführt haben.

Die Naturwissenschaftlichen Ferienkurse zu Berlin haben vom 17. bis 27. April d. J. stattgefunden. Das Programm enthielt folgende Vorträge: Prof. Möbius: Tierleben der deutschen Meere, 2 St.; Prof. Magnus, Erkrankungen der Kulturpflanzen durch parasitische Pilze, 4 St.; Prof. Wahnschaffe, heisse Quellen und Geysir, 2 St.; Prof. Fischer, Theorie und Anwendung der Kohlehydrate, 2 St.; Prof. Gabriel, Gasanalyse und Zusammensetzung der Atmosphäre, 1 St.; Prof. Jahn, Theorie und neuere Anwendungen der Elektrochemie, 2 St.; Dr. Wolff, Nitrocellulose, 3 St.; Dir. Schwalbe, comprimierte Gase im Unterricht, 1½ St.; Prof. v. Schäwen (Breslau), Nebenapparate zur Reibungsmaschine, 1½ St.; Prof. Looser (Essen), Schulversuche mit dem Thermoskop, 1 St.; Stabsarzt Dr. Wernicke, Verbreitung von Krankheiten durch die Schule, 1½ St.; Stabsarzt Dr. Bonhoff, über Gesundheit und Krankheit, geistige und körperliche Arbeit, 3 St.; Dir. Vogel, Beschaffung des botanischen und zoologischen Anschauungsmaterials, 1 St.; Dr. Schmidt, über geographisches Zeichnen, 1 St. — Ausserdem wurden Besuche des Museums für Naturkunde, der geologischen Landesanstalt, des hygienischen Instituts, des botanischen Museums und Gartens, der Rüdersdorfer Kalkberge u. a. veranstaltet.

Himmelserscheinungen im Juli und August 1895.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♁ Erde, ☉ Sonne, ♂ Mars,
♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☌ Conjunktion, □ Quadratur, ☍ Opposition.

	Juli						August						
Monatstag	5	10	15	20	25	30	4	9	14	19	24	29	
Helio-centrische Längen.	291°	307	324	345	8	35	66	97	127	152	175	194	☿
	236	244	252	260	268	276	284	292	299	307	315	323	♀
	283	288	293	297	302	307	312	317	321	326	331	336	♁
	154	156	159	161	163	165	167	170	172	174	176	178	♂
	108	108	108	109	109	110	110	111	111	111	112	112	♃
	216	216	217	217	217	217	217	217	217	218	218	218	♄
Aufst. Knoten.	346°	346	345	345	345	345	345	344	344	344	343	343	☾
Mittl. Länge.	261	327	32	98	164	230	296	2	68	134	199	265	☾
Geo-centrische Recta-scensionen.	265°	329	23	94	168	233	302	358	57	134	202	272	☾
	98	96	96	98	103	111	120	130	141	151	160	168	☿
	151	156	160	164	168	171	174	177	179	180	181	181	♀
	104	109	114	120	124	129	134	139	144	148	153	158	☉
	138	141	144	147	150	153	156	159	162	165	168	171	♂
	108	109	111	112	113	114	115	116	118	119	120	121	♃
	209	209	209	210	210	210	210	210	211	211	211	212	♄
Geo-centrische Dekli-nationen.	−28°	−14	+13	+28	+ 5	−24	−24	+ 1	+25	+20	−13	−28	☾
	+18	+19	+19	+20	+21	+22	+21	+20	+17	+14	+10	+ 6	☿
	+13	+11	+ 9	+ 7	+ 4	+ 2	+ 0	− 2	− 4	− 5	− 7	− 8	♀
	+23	+22	+22	+21	+20	+19	+17	+16	+14	+13	+11	+ 9	☉
	+17	+16	+15	+14	+13	+12	+11	+10	+ 9	+ 7	+ 6	+ 5	♂
	+23	+22	+22	+22	+22	+22	+22	+21	+21	+21	+21	+21	♃
	− 9	− 9	− 9	− 9	−10	−10	−10	−10	−10	−10	−10	−10	♄
Aufgang.	15h47m	15.52	15.58	16.5	16.12	16.19	16.27	16.35	16.43	16.52	17.0	17.9	☉
	8h 8m	10. 9	10.55	14.10	21.55	3.41	7.49	8.43	10.1	16.16	23.58	4.53	☾
Untergang.	8h22m	8.19	8.14	8.8	8.1	7.54	7.45	7.36	7.26	7.16	7.5	6.54	☉
	14h17m	20.25	1.15	7.33	9.28	10.46	15.43	21.47	2.56	7.4	8.11	11.4	☾
Zeitglchg.	+4m17s	+5.4	+5.41	+6.6	+6.18	+6.14	+5.55	+5.20	+4.32	+3.31	+2.17	+0.58	☉

Daten für die Mondbewegung (in Berliner Zeit):

Juli 6 12h 22,m4	Vollmond	
„ 10 20	Mond in Erdferne	
„ 14 16 24,7	Letztes Viertel	
„ 21 18 25,4	Neumond	
„ 23 2	Mond in Erdnähe	
„ 28 9 29,3	Erstes Viertel	
August 5 2h 44,m9	Vollmond	
„ 7 8	Mond in Erdferne	
„ 13 6 12,2	Letztes Viertel	
„ 20 1 49,3	Neumond	
„ 20 10	Mond in Erdnähe	
„ 26 18 36,9	Erstes Viertel.	

Constellationen. Juli: 1 3h ☿ untere ☌ ☉; 1 19h ☉ in Erdferne; 4 19h ♀ ☌ Regulus ♀ 0° 38′ nördlicher; 4 21h ♂ in Sonnenferne; 10 2h ♃ ☌ ☉; 10 22h ♀ in grösster östlicher Ausweichung; 20 8h ☿ ☌ ☾; 21 4h ♃ ☌ ☾; 22 11h ☿ grösste westliche Ausweichung; 23 14h ♄ □ ☉; 23 15h ♂ ☌ ☾; 24 23h ♀ ☌ ☾; 25 16h ♂ ☌ Regulus, ♂ 0° 41′ nördlicher; 28 6h ♄ ☌ ☾. — August: 1 6h ☿ ☌ ♃, ☿ 0° 9′ südlicher; 5 14h ☿ in Sonnennähe; 11 12h ♀ in grösstem Glanze = 43 × α *Lyrae*; 17 8h ☿ obere ☌ ☉; 18 0h ♃ ☌ ☾; 20 unsichtbare Sonnenfinsternis; 20 7h ☿ ☌ ☾; 20 16h ♀ in Sonnenferne; 21 7h ♂ ☌ ☾; 22 9h ♀ ☌ ☾; 24 16h ♄ ☌ ☾.

Meteore. Juli: Maximum 25.—31. Die Perseiden sind des Mondlichtes wegen erst vom 11. August an, etwa bis zum 16., zu beobachten. (Wegen systematischer Beobachtung setze man sich mit der Berliner Sternwarte in Verbindung.)

Das **Zodiakallicht** ist an den mondfreien Morgen, im Juli zwischen 14 und 15, im August zwischen 15 und 16h, am Osthimmel zu beobachten.

Die Milchstrasse in der Gegend der Sternbilder *Aquila*, *Serpens*, *Scutum*, *Sagitttarius* bildet im Hochsommer ein interessantes Objekt für Beobachter, die mit guten Augen ausgerüstet sind und freie Aussicht nach Süden haben. Man vergl. hierzu d. Z. *VII. 264.*

Veränderliche Sterne. 1) Algols-Minima treten ein Juli 0 16h (bürgerlich Juli 1 4h morgens), 23 14h, August 12 16h, 15 13h, 18 10h. — 2) Die Mitternachtsdämmerung erlischt Juli 26. Die Sterne β, *R Lyrae*, η *Aquilae*, δ, μ *Cephei* sind abends, *P Persei* und ε *Aurigae* spät abends zu beobachten.

J. Plassmann, *Warendorf.*

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Otto Lange in Berlin C.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

VIII. Jahrgang. **Sechstes Heft.** August 1895.

Ein Differential-Thermoskop (Doppel-Thermoskop).

Von
Prof. Dr. **Looser** in Essen.

Ohne den bis jetzt bestehenden, zum Teil bewährten Apparaten ähnlicher Art ihre Brauchbarkeit irgendwie absprechen oder verkleinern zu wollen, glaube ich doch in der Einrichtung, welche ich an dieser Stelle dem Urteile meiner Fachkollegen unterbreiten will, einen Fortschritt, weniger in Betreff des Indikatoren, (die von Holtz, Karsten, Szymański, Jolly u. A. sind sehr gut, wohl zum Teil noch empfindlicher) wohl aber in Betreff der Receptoren sehen zu dürfen.[1]) Auch ist durch eine grosse Anzahl in ihrer Art vielfach neuer Versuche die thermoskopische Methode, wenn ich so sagen darf, erweitert und ausgebaut worden. Was die Indikatoren anbelangt, so sind allzuempfindliche für die in der Temperatur wenig constanten Schulzimmer und Hörsäle nicht einmal wünschenswert, sofern nur die Manometer empfindlich genug sind um einen genügenden, überall leicht erkennbaren Ausschlag zu geben. Sodann ist in der Anordnung, dass hier zwei Flüssigkeitsindikatoren dicht nebeneinander liegen, ein sehr bequemes Mittel zur Vergleichung geboten. Die Säulen sind, wie aus Fig. 1 ersichtlich, so eingerichtet, dass bei gleichzeitigen (Doppel-) Versuchen die Unterschiede selbst weniger Millimeter wahrnehmbar sind, und bei Einzelversuchen die andere das Ergebnis von der Zimmertemperatur unabhängig macht, indem sie als Controlle dient. Ist z. B. während eines Versuches der eine Flüssigkeitsindex von 15 auf 21, der nicht benutzte von 15 auf 15,5 gestiegen, so ist die Differenz durch 21 bis 15,5 gegeben. Ein weiterer Vorzug der Indikatoren ist der, dass durch angebrachte Schlitze gleichzeitig der hinter dem Apparate stehende Vortragende den Stand der Säulen bequem beobachten und an dem ihm zugewandten mittleren Skalenstreifen ablesen kann. Auch die Billigkeit dürfte bei der sehr ökonomischen Disposition in Betracht kommen[2]).

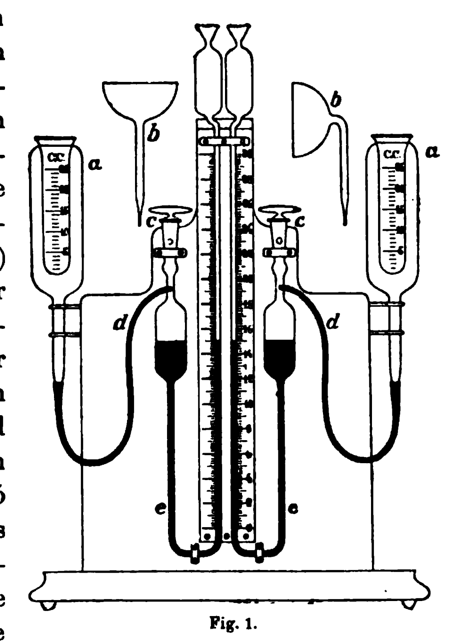


Fig. 1.

Als Indikatoren dienen zwei U-förmig gebogene Röhren *e*, die an einer

[1]) *Anm. der Red.* Als Vorläufer des hier beschriebenen Thermoskops darf das von Ad. Schumann angegebene, seit Jahren von F. Ernecke in Berlin angefertigte Differential-Thermoskop nicht unerwähnt bleiben. Der Receptor bestand hier in einem becherförmigen, die Thermoskopkugel umgebenden Glasgefäss.

[2]) Nur zu beziehen durch die Firma Müller & Meiswinkel in Essen für 45 M.; sämtliche in der vorliegenden Abhandlung erwähnten Nebenapparate (die elektrischen und Krystallplatten

Seite stark erweitert sind. Die Skala ist, um sie weisser und deutlicher hervortreten zu lassen, nur in (60) halbe cm geteilt, da Millimeter sich leicht, wo es nötig ist, abschätzen lassen. Ueber der Erweiterung ist ein Glashahn mit einem weissen Tupfen angebracht, der, dem Beschauer zugewandt, anzeigt, dass die äussere Luft mit der im Apparat in Verbindung steht. In diesem Falle stehen beide Flüssigkeitssäulen auf Teilstrich 15; soweit ist also auch beim ersten Gebrauch die gefärbte Flüssigkeit (Alkohol und Indigolösung) einzufüllen. Damit bei heftigen Wirkungen die Flüssigkeit nicht herausgeschleudert wird, sind die Röhren oben erweitert und zum Schutze gegen Staub mit Watte verschlossen; ein bei *d* angebrachter dünner Gummischlauch setzt sie mit den Receptoren in Verbindung.

Von den Receptoren ist der am meisten gebrauchte Teil die Kapsel *a*. (Wenn im folgenden schlechtweg von Kapsel gesprochen wird, so ist diese gemeint.) Sie besteht aus einer in ccm geteilten Röhre, an die eine andere sie umschliessende angeschmolzen ist, letztere verengt sich für den Schlauchansatz und wird in zwei Ringen sicher und stabil getragen. Die erstgenannte Röhre nimmt die zur Verwendung kommende Flüssigkeit auf. Die ganze erzeugte Wärmemenge kommt also zur Wirkung auf die umschliessende Luftkapsel. Bei der ausreichenden Empfindlichkeit ist es jedoch in den wenigsten Fällen nötig, die Flüssigkeit direkt in *a* zu giessen; für die grössere Anzahl der Versuche genügt es, eines der beigefügten, in *a* genau passenden Einsatzgläschen zu verwenden. Die nachherige Reinigung wird dadurch erleichtert, und man kann die Versuche in kürzerer Zeit aufeinander folgen lassen. Dabei erfüllen diese Gläschen noch den Zweck, dass sie mit kaltem (oder je nachdem mit warmem) Wasser gefüllt in *a* eingesetzt, die Kapsel rasch wieder auf die Zimmertemperatur bringen, von der alle Versuche ausgehen sollen. Der beschriebene Glaskörper kann für manche Versuche durch eine Halbkugel oder durch eine zweiteilige Glaskapsel ersetzt werden. Die übrigen Nebenapparate sind an geeigneter Stelle noch näher erläutert. Um die bei den Versuchen über strahlende Wärme nötige vertikale Stellung der Halbkugel zu ermöglichen, ist die angeschmolzene Röhre rechtwinkelig gebogen (Fig. 1).

Man beginnt einen feineren Versuch (über strahlende Wärme, spezifische Wärme u. s. w.) nicht eher, als bis beide Flüssigkeitssäulen beim Aufdrehen der Hähne keine Bewegung mehr zeigen, also ein Ausgleich mit der Zimmertemperatur erfolgt ist. Die Füllung der Kapseln geschieht am sichersten, namentlich wenn ein bestimmter Teilstrich erreicht werden soll, mittelst Pipette. Wasser von der Zimmertemperatur soll stets in besonderem Gefässe vorrätig sein. Die Entleerung der Kapsel kann durch Herausziehen aus den Ringen ohne Ablösen des Schlauches geschehen. Nach dem Gebrauche muss die Kapsel durch den beigegebenen Wischer sorgfältig getrocknet werden. Luftblasen beim erstmaligen Füllen der Manometer mit gefärbter Flüssigkeit, die man an der oberen Erweiterung eingiesst, entfernt man leicht, indem man mittels des Schlauches *d* Luft durch Blasen einpresst und die Flüssigkeitssäule in die obere Kapsel treibt.

Es folgt nun die Beschreibung der einzelnen Versuche.

A. Ausdehnung der Körper.

1. Für die Ausdehnung kommt zunächst nur die Luft oder überhaupt ein Gas in Betracht; zum Nachweis genügt das Anfassen einer Kapsel mit der Hand.

im Versuch 8 ausgenommen) für etwa 80 bis 85 M. Die genannte Firma giebt das Thermoskop und sämtliche Nebenapparate kostenfrei zur Prüfung. Für In- und Ausland hat dieselbe Patent angemeldet.

2. Dass erwärmte Luft aufsteigt, kalte niedersinkt, lässt sich mittelst zweier nicht zu enger Pappcylinder (10—15 cm Durchmesser) zeigen. Hält man (Fig. 2) unter den einen ein glimmendes Stück Schwamm (Holzkohle), so erwärmt die aufsteigende Luft die über den Cylinder mittels Tiegelzange gehaltene grössere Halbkugel. Setzt man in den Cylinder (Fig. 3) mittels Drahtschlinge ein mit Kältemischung gefülltes Deck- oder Becherglas und stellt den Cylinder ca. 1 cm über eine grössere Halbkugel, so kühlt sich diese ab. Es genügt ein zusammengerollter Bogen Zeichenpapier. Diesen, sowie auch die Pappcylinder durchsticht man horizontal mit einer Stricknadel oder Glasstab, die man leicht an Holzstativen oder Haltern befestigen kann.

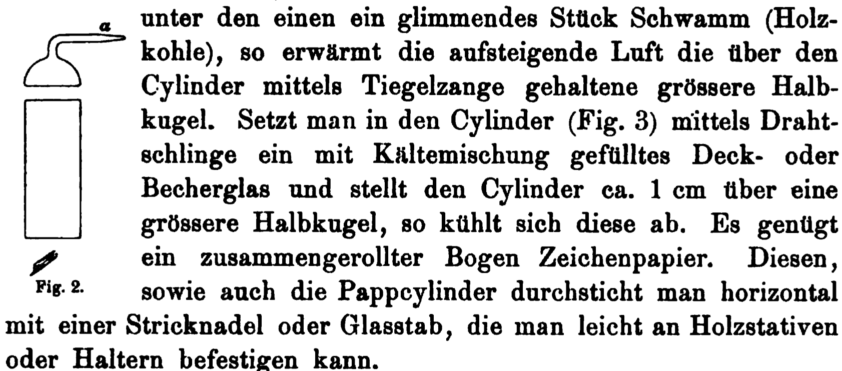


Fig. 2.

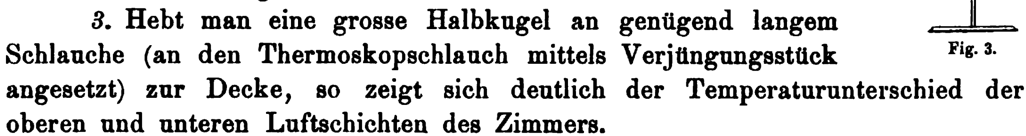


Fig. 3.

3. Hebt man eine grosse Halbkugel an genügend langem Schlauche (an den Thermoskopschlauch mittels Verjüngungsstück angesetzt) zur Decke, so zeigt sich deutlich der Temperaturunterschied der oberen und unteren Luftschichten des Zimmers.

4. Sehr gut lässt sich auch die unregelmässige Ausdehnung des Wassers nachweisen. Füllt man ein möglichst hohes Einmachglas mit Eiswasser und hängt die mit Schrot gefüllten Glaskapseln in der in Fig. 4 angedeuteten Weise ein (die obere mit Drahtschlinge), so zeigt bald die u n t e r e Kugel eine h ö h e r e Temperatur an, es schwimmt also kälteres auf wärmerem Wasser. Nach einiger Zeit kehrt sich das Verhältnis um. Der ganze Versuch beansprucht längere Zeit, etwa eine Stunde.

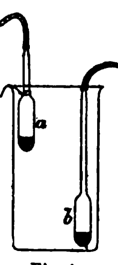


Fig. 4.

B. Wärmeleitung.

5. Um die Unterschiede in der Wärmeleitungsfähigkeit der Körper zu veranschaulichen[8]), bedient man sich der beigefügten Kupfer- und Eisenstangen, die an einem Ende so umgebogen sind, dass sie bis nahe auf den Boden der mit Wasser gefüllten Kapseln tauchen können (Fig. 5). Man kreuzt die freien Enden in wenigen cm Abstand und setzt unter die Kreuzungsstelle eine Bunsenflamme, während man die Strahlung nach Möglichkeit abhält. Schon nach kurzer Zeit zeigen sich erhebliche Differenzen. Um den Einfluss der Strahlung möglichst zu eliminieren, setze man die Flamme schon einige Zeit an ihre Stelle und lege erst dann, wenn die Thermoskope einigermaassen Constanz zeigen, die Stäbe auf. (Siehe auch Versuch *14*).

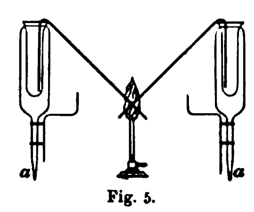


Fig. 5.

6. Ein anderes Arrangement zeigt, dass die Hauptunterschiede durch die Verluste an die Umgebung und die spezifische Wärme bedingt sind. Dasselbe giebt ausserdem die Möglichkeit, Stoffe in Vergleich zu ziehen, die bis jetzt nur sehr schwer zu solchen Versuchen sich verwenden liessen. Zu dem Zwecke werden die beiden mattgeschliffenen Halbkugeln *h* eingesetzt (Fig. 6). Legt man auf dieselben zwei 20 mm dicke Platten aus Eichen- oder Buchenholz *c*, deren Fasern einmal senkrecht, dann parallel zur Axe des Cylinders laufen, und setzt auf

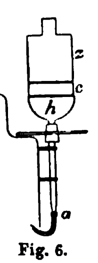


Fig. 6.

[8]) Verfasser hat jetzt einen besonderen Apparat construiert, der die Unterschiede von 6 bis 8 Körpern gleichzeitig auf bequeme Art durch Differenzen an Alkoholmanometern veranschaulicht.

diese zwei mit siedendem Wasser gefüllte Zinkbecher *z*, so ergiebt sich bereits nach 2 bis 3 Minuten, dass das Holz in der Richtung parallel zu den Fasern die Wärme besser leitet als in allen anderen. Der Versuch konnte bisher nicht ohne Thermosäule und Platingitter zum Erwärmen einem grösseren Auditorium gezeigt werden (TYNDALL).

Natürlich ist die Reihe der hier zur Verwendung möglichen Stoffe unbegrenzt. Von besonderem Interesse sind jedoch die Metalle (*7.*), weil hier dem üblichen Arrangement gegenüber (s. o.) die Dimensionen sich gewissermaassen umkehren. Da ergiebt sich denn auf einfache Weise der grosse Einfluss der spezifischen Wärme, den TYNDALL bekanntlich durch Abschmelzen eines Wachskügelchens auf Wismuth und Kupferwürfel nachwies. Abgesehen davon, dass dies für grosse Hörsäle nicht deutlich ist, zeigt sich der Versuch auch, weil TYNDALL die Körper auf den Leslieschen Würfel setzte, durch den sie von heisser Luft umspült wurden, nicht einwandfrei. Verfährt man wie oben mit Kupfer und Blei, so erhält man für Blei, trotzdem *Cu* 8 bis 9mal besser leitet, den grösseren Ausschlag, weil das Blei zwar weniger Wärme an seiner Unterseite empfängt, sich damit aber infolge seiner geringeren spezifischen Wärme stärker erwärmt. Die Einflüsse von Strahlung und Strömung sind bei dieser Anordnung des Versuches gänzlich ausgeschlossen. Eisen und Kupfer zeigen wenig Unterschied. Von Interesse ist auch ein Vergleich zwischen dem gut leitenden Kupfer und dem schlecht leitenden Marmor. Dieser bleibt wegen seiner höheren spezifischen Wärme nur wenig hinter Kupfer zurück.

8. Auf dieselbe Art hat Verfasser nachgewiesen, dass Bergkrystall in der Richtung der Hauptaxe die Wärme am besten leitet. (SÉNARMONDS Versuch der elliptischen Abschmelzung von Wachs auf einem Längsschnitte des Bergkrystalls.)

9. Die Unterschiede in der Wärmeleitung der Flüssigkeiten lassen sich durch nebenstehenden Apparat zeigen, doch liefert gerade der Versuch mit der Kupfer- und Bleiplatte den Beweis, dass für geringe Dimensionen der Einfluss der spezifischen Wärme eine zu hervorragende Rolle spielt, um solche Versuche als beweiskräftig anzusehen. Man hat nur nötig, die Gläser *c* mit Wasser einerseits, oder Glycerin oder Quecksilber andererseits (Fig. 7) anzufüllen, *a* mit den Thermoskopschläuchen zu verbinden, beide in ein Gefäss zu setzen und warmes Wasser (40 bis 50°) zuzugiessen, um sofort starke Unterschiede zu constatieren (SCHWALBE).

a

Fig. 7.

10. Die Strömungen werden besser bei folgender Anordnung vermieden, über welche genauere Versuche noch ausstehen. Durch Flaschen *f* (Fig. 8) mit abgesprengten Böden steckt man die beiden kleinen Halbkugeln. 2 bis 2,5 cm darüber muss die zu untersuchende Flüssigkeit stehen (Salzlösung, Wasser, Alkohol, Glycerin), dann senkt man die an Drähten *d* gehaltenen mit siedendem Wasser gefüllten Zinkbecher *z* so ein, dass der Boden 2 cm absteht. Die lange Zeit, 10 bis 15 Minuten, welche vergeht, ehe z. B. Wasser auf das Thermoskop reagiert, zeigt hier wenigstens deutlich die schlechte Wärmeleitungsfähigkeit der Flüssigkeiten.

z d f a

Fig. 8.

11. Zur Veranschaulichung des Unterschiedes in der Wärmeleitung der Gase dient der hübsche Versuch von SCHWALBE (d. Zeitschr. *III 267*) mittels der Ätherindikatoren; letztere werden bei Benutzung des Thermoskops überflüssig. Man kann Leuchtgas (Wasserstoffgas) und Kohlendioxyd ver-

a

Fig. 9.

wenden, das leichtere Gas lässt man an dem kürzeren Zuleitungsrohr *c* (Fig. 9) einströmen, das schwerere in dem gleichen Apparate bei *d*. *a* wird mit dem Thermoskop verbunden. Wenn die Gase einige Zeit durchgeströmt haben, umgiebt man beide in gemeinsamem Gefäss stehende Apparate durch vorsichtiges Zugiessen mit Wasser von 35 bis 40°; es zeigt sich dann ein sehr deutlicher Unterschied.

C. Strahlende Wärme.

12. Man bedient sich der grösseren gebogenen Halbkugel, die man, sorgfältig berusst, seitlich einsetzt. Stellt man ihr der Reihe nach, mit der blanken Seite beginnend, die vier Seiten des mit siedendem Wasser gefüllten Leslieschen Würfels auf 10 cm Entfernung entgegen, so bekommt man beispielsweise für die blanke Seite 56, die matte 63, die weisse 118, die berusste 120 mm Ausschlag. Man vermeide direkte Bestrahlung durch die Flamme. Die zweite gleich grosse gerade Halbkugel dient als Controle der Zimmertemperatur. Nur die Differenz wird abgelesen.

Stellt man eine nicht leuchtende Bunsenflamme (*13.*) auf etwa 30 cm Entfernung der Halbkugel gegenüber und wartet den höchsten Ausschlag ab, so geht 1. das Thermoskop bedeutend herab, wenn man eine Glasplatte dazwischen schiebt (Absorption der dunkeln Strahlen), 2. noch weiter herauf, wenn man die Flamme leuchtend macht. Letztere strahlt also mehr Wärme aus, trotzdem sie weniger heiss ist. Das letztere lässt sich analog dem Versuche *5* zeigen. (*14.*) Man legt in derselben Weise zwei Kupferstangen in die Kapseln, ohne sie zu kreuzen, und setzt unter jede einen leuchtenden Bunsenbrenner. Nach einiger Zeit macht man die Flamme, welche den geringeren Ausschlag giebt, nichtleuchtend, so zeigt sie in kurzer Zeit stärkere Erwärmung an.

15. Die Reflexion der Wärmestrahlen lässt sich nachweisen, indem man (Fig. 10) den Bunsenbrenner durch einen Schirm am direkten Bestrahlen der Halbkugel verhindert und mit der letzteren die von einem blanken Stück Weissblech reflektierten Strahlen auffängt. Flamme, Halbkugel und Spiegelmitte bilden ein Dreieck, die ersten beiden stehen etwa 45 cm von einander entfernt, die Mitte des Spiegels von beiden etwa 30 cm. Man richtet die Halbkugel gegen das Spiegelbild des Brenners und lässt letzteren, da trotz des Schirmes die Wirkung der Flamme vom Thermoskop noch angezeigt wird, so lange ohne Spiegel einwirken, bis die Temperatur constant ist. Setzt man jetzt den Spiegel an seine Stelle und stellt auf 15 ein, so erfolgt ein Ausschlag von 15 bis 20 mm.

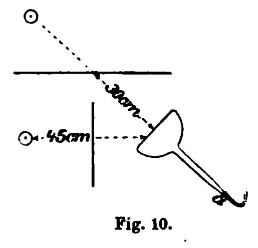


Fig. 10.

16. Eine Kerzenflamme bewirkt schon auf 50 cm Entfernung einen Ausschlag von 7 mm. Das Gesetz der Abnahme im quadratischen Verhältnisse der Entfernung lässt sich jedoch nur für mittlere Abstände, etwa 35 und 25 cm, genau nachweisen. Verfasser erhielt mit einer Kerze auf 35 cm Entfernung den Ausschlag 11,5 bis 12 mm, danach müsste für 25 cm $35^2/25^2 . 11,75 = 23,03$ mm erfolgen. Die Beobachtung gab 22 bis 23 mm. Auch für 30 cm Abstand stimmen noch Rechnung und Versuch. Hier dient die zweite grosse Halbkugel passend zur Controlle des Ganges der Zimmertemperatur; da man nur die Differenz beider Säulen abliest, so ist man von jener vollständig unabhängig. Man kann auch (*17.*) die Kerze durch vier andere in doppelter Entfernung ersetzen. Der Ausschlag muss dann nahezu constant bleiben.

18. Die Hohlspiegelversuche vereinfachen sich wegen der durch den Gummischlauch ermöglichten grösseren Handlichkeit, die gebogene Halbkugel wird dann in ein besonderes kleines Stativ geklemmt. Es genügt eine leuchtende Bunsenflamme auf mehrere Meter Entfernung. In 1 m Entfernung zeigt man die sog. Kältestrahlen durch Anbringen einiger mit Kochsalz bestreuter Eisstücke in dem einen Brennpunkte. Siehe auch Versuch 42.

D. Spezifische Wärme.

19. Die Unterschiede der spezifischen Wärme werden gewöhnlich durch Versuche mit nachfolgender Rechnung, oder durch die sich in Wachs einschmelzenden Kugeln nachgewiesen. Das Doppelthermoskop ermöglicht durch einen einfachen Versuch eine quantitative Bestimmung. Zwei gleich schwere an dünnen Drähten befestigte Körper (Kupfer und Blei) mit gleicher Oberfläche werden in einen zur Hälfte mit siedendem Wasser gefüllten Kochkolben gebracht, so dass die Metalle ganz von Wasser bedeckt sind. Man lässt so lange sieden, bis man annehmen darf, dass beide Stücke dieselbe Temperatur haben. Ein Streifen (Fidibus) Filtrierpapier nimmt beim Herausheben die adhärierenden Tropfen ab und verhindert gleichzeitig Schwankungen beim Einführen in die bis zum Teilstrich 20 mit Wasser von der Zimmertemperatur gefüllten Kapseln. Nach dem Einsenken biegt man den Draht herunter und setzt ein am besten mit Filz umkleidetes Deckglas über. Die Ausschläge zeigen fast genau das Verhältnis der spezifischen Wärmen (1 : 3).

20. Wiederholt man den Versuch mit Wasser und Alkohol, indem man die beiden gleichen Kupferstücke unter denselben Bedingungen eintaucht, so zeigt der grössere Ausschlag bei Alkohol dessen geringere spezifische Wärme.

21. Dass die Atomwärmen der Elemente (Dulong-Petit) gleich sind, weist man durch zwei im Verhältnis der Atomgewichte stehende Metallkörper (*Cu* und *Pb*) in ähnlicher Weise nach. Verfährt man genau wie oben, so erhält man fast gleiche Ausschläge. (Das käufliche Blei ist meist unrein. Die Berechnung betreffs gleicher Oberfläche steht noch aus).

E. Wärme und Arbeit.

22. Reibt man die durch einen Kork gesteckte matte Halbkugel auf Smirgelleinen indem man den Kork mit einer Korkzange, oder mittels der Brettchen, oder auch mit der Hand fasst, so zeigt sich Erwärmung. Besser ist es, das Smirgelleinen auf Holz zu leimen.

23. Ein an einem Drahte befestigtes Stück Rohzinn wird auf Steinunterlage gehämmert, und in die mit Alkohol zum Teil gefüllte Kapsel gebracht, so zeigt sich die durch Schlag erzeugte Wärme. Ein Holzstück, das vorher auf einer matten Halbkugel gelegen, zeigt (*24.*) nach dem Reiben deutlich die Temperaturerhöhung.

Die Abkühlung der Gase bei der Ausdehnung, sowie die Erwärmung beim Zusammendrücken, lässt sich auf verschiedene Arten zeigen. Setzt man (*25.*) den oberen Teil des Apparates Fig. 19, welcher zum Nachweis der Wärme bei chemischer Verbindung zweier Gase dient, auf den Luftpumpenteller und verbindet *a* mit dem Thermoskop, so zeigt sich deutliche Abkühlung (Husmann). Ein sehr hübscher Versuch wurde von Niemöller in dieser Zeitschrift (*VI 140*) beschrieben, der mit dem Thermoskop sich noch deutlicher zeigen lässt und auch die Umkehrung nachzuweisen gestattet. (*26.*) Ein Heronsball, oder besser eine Flasche (+) von

nebenstehender Form (Fig. 11) mit Korkstopfen, Glasröhre und Glashahn wird durch Einblasen von Luft (mittels des Mundes) mit comprimierter Luft gefüllt. Nachdem die Zimmertemperatur sicher erreicht ist, öffnet man den Hahn, die Luft entweicht pfeifend; schliesst man jetzt ohne jede Hast, so erwärmt sich die nun durch die Ausdehnung abgekühlte Luft wieder an den Wänden der Flasche. Verbindet man jetzt *a* mit dem Thermoskop, so zeigt sich durch sehr starkes Steigen (vorsichtiges Aufdrehen des Hahnes!) die nachträgliche Erwärmung, also vorherige Abkühlung. Gleichzeitig hat man (*27.*) nun aus der zweiten, um Verwechselungen vorzubeugen, mit (—) bezeichneten Flasche die Luft nach Kräften ausgesogen (Luftpumpe unnöthig) und verfährt entsprechend wie vorhin. Sehr zweckdienlich (*28.*) ist der nebenstehend gezeichnete Apparat (Fig. 12); *b* wird mit der (Wasser-) Luftpumpe verbunden, *a* mit dem Thermoskop. Die Abkühlung wird prompt markiert. Saugen und Einblasen mittels des Mundes giebt sogar schon deutlich erkennbaren Ausschlag. Verwandt mit diesen Erscheinungen sind die Versuche über

Fig. 11.

Fig. 12.

F. Wärme durch Verdichtung von Gasen und Dämpfen.

29. Sehr gut lässt sich die auch von Antolik (d. Zeitschr. *IV 129*) in seinen originellen Versuchen nachgewiesene Wärme bei der Absorption von Gasen durch poröse Stoffe (Holzkohle, hartes Gebäck und dergl.) erzeugte Temperaturerhöhung sichtbar machen. Man befestigt (Fig. 13) den Gasschlauch zunächst an das Rohr *b*, senkt ihn in die Kapsel und füllt ihn mit erbsengrossen ausgeglühten Holzkohlenstücken bis zum Rande. Lässt man nun Leuchtgas oder Kohlensäure durchströmen, so erfolgt starke Erwärmung.

30. Streut man auf die grosse Halbkugel stark erhitztes und wieder abgekühltes Holzkohlenpulver (hartes pulverisiertes Gebäck, Zucker) und stülpt dann ein mit NH_3 gefülltes Becherglas über, so steigt das Thermoskop sehr rasch. Interessant ist es bei dem Versuche mit Kohlenpulver, die Abkühlung unter dem Glase abzuwarten; hebt man dann bei constanter Flüssigkeitssäule das Glas ab, so wird jetzt das stark condensierte Gas wieder frei und zeigt ebenso deutlich die entsprechende Abkühlung, was meines Wissens experimentell noch nicht nachgewiesen wurde. Da umgekehrt die Erwärmung gewissermaassen ein Reagens auf Absorption von Gasen ist, so kann man deutlich nachweisen, warum poröse Gebäcke sehr bald den Geschmack in ihrer Nähe lagernder Substanzen annehmen.

Fig. 13.

31. Um die ausserordentlich grosse Absorptionsfähigkeit der Kleiderstoffe (Versuche von Helbig) nachzuweisen, umwickelt man die Kapsel mit Wolle oder Baumwolle, befestigt mit Gummiring, Draht oder Bindfaden und verfährt wie vorhin (Versuch *30*). Die Erwärmung ist ganz beträchtlich.

32. Verwandt mit der Absorption ist die Condensation des Wasserdampfes an Stoffen (Helbig), sie ist z. B. für Wolle und Baumwolle verschieden. Man wickelt wie im vorigen Versuch den Stoff um die Kapsel (Fig. 14), führt diese durch die Korke der Brettchen, stellt sie einige Zeit (1 Stunde) in Flaschen, deren Boden mit concentrierter Schwefelsäure bedeckt ist, und verbindet *a* mit dem Thermoskopschlauch. Hebt man nun die Kapseln aus der Flasche heraus, so erhält man bei hinreichend feuchter Luft ohne weiteres Ausschläge bis zu 30 mm.

Fig. 14.

Gleichzeitig ergiebt sich der Unterschied zwischen dem Verhalten von Wolle und Baumwolle. Ist die Luft trocken, so stellt man die Kapseln in zwei ähnliche Gefässe, deren Böden mit Wasser bedeckt sind.

Noch einfacher gestaltet sich die Sache, wenn man auf die Vergleichung von Stoffen verzichtet. Man umwickelt beide Kapseln mit gleichen Stoffen, stellt die eine über concentrierte Schwefelsäure, die andere über Wasser (1 Stunde lang); vertauscht man jetzt die Kapseln, so zeigt die eine Condensationswärme, die andere Verdunstungskälte (Theorie der Bekleidung).

G. Wärme bei Veränderung des Aggregatzustandes.

33. Füllt man eines (besser zwei) der Einsatzgläschen mit unterschwefligsaurem Natron, so lässt sich der bekannte Versuch, die Wärme bei der Krystallisation zu zeigen, leicht anstellen. Man setzt das Gläschen, nachdem die Masse geschmolzen und etwas abgekühlt ist, in die Kapsel des Thermoskops und wartet ab, bis die Säule nur noch geringes Sinken zeigt. Dann wirft man das Krystallkörnchen hinein, und weist so die starke Wärmeentwickelung nach. (Es empfiehlt sich, nicht immer dasselbe Gläschen zu verwenden, weil bei öfterem Gebrauche leicht spontanes Krystallisieren eintritt).

34. Die beim Schmelzen verbrauchte Wärme lässt sich durch den Apparat Fig. 15 zeigen. Zwei solche Doppelkapseln sind mit Wallrat bezw. Wachs bis *c* gefüllt. *a* wird mit dem Thermoskop verbunden. Setzt man beide in ein Becherglas und übergiesst mit Wasser von nahe 60°, so bleibt Wallrat bedeutend hinter Wachs zurück. Der Schmelzpunkt von Wallrat liegt unter 50°. Dies kommt also zum Schmelzen und die hierzu verbrauchte Wärme reagiert nicht auf das Thermoskop. Der Schmelzpunkt von Wachs liegt über 60°, also wird alle Wärme nur zur Temperaturerhöhung, nicht zum Schmelzen verwendet. (Die spezifische Wärme ist für beide Stoffe nahezu gleich).

Fig. 15.

35. Die bei der Lösung von Salzen verbrauchte Wärme lässt sich durch Einführen einer Prise gut gepulverten Ammoniumchlorids in ein zur Hälfte mit Wasser gefülltes Einsatzgläschen nachweisen (Rühren!). Vergl. Versuch (*49*).

36. Ein Doppelversuch, der zugleich für die Chemie von Bedeutung ist, (energischere Wirkung der *K*-Salze gegenüber den *Na*-Salzen) besteht darin, dass man beide Kapseln zur Hälfte mit Wasser füllt, in die eine 3 g $NaCl$, in die andere ebensoviel KCl einführt. Die Wirkung des letzteren ist mehr als die dreifache.

Vergleichende Versuche über die Wirkung der Verdunstung ergeben sich durch Benutzung der Halbkugeln und darauf passendes Filtrierpapier. Man legt auf dieselben (*37.*) zwei Scheiben Papier und träufelt auf die eine Wasser, nachher, wenn der Unterschied gezeigt ist, auf die andere Alkohol oder Äther. Auf zwei andere (*38.*) giebt man Wasser (oder Alkohol); wenn dann der höchste Stand erreicht ist, bläst man die event. zurückgebliebene Seite mittels des Blasebalges an, wodurch dann die Flüssigkeitssäule noch bedeutend steigt (Unterschied zwischen freiwilliger und erzwungener Verdunstung).

39. Die Benutzung eines in die Kapsel passenden Kryophors hat den Vorteil, dass die erstere als Wärmeschutz dient, und man den Verlauf der Abkühlung bis zur Eisbildung (8 bis 30 Min.) bequem verfolgen kann.

40. Sehr deutlich lässt sich mittels der kleinen Vorrichtung Fig. 16 die Bildung des Eises aus Wasser zeigen. Man giebt zunächst soviel gut ausgekochtes

Wasser in die Kapsel, dass nach Einsetzen des besonders zu diesem Versuche dienenden, mit Gummistopfen und zwei Röhren versehenen Einsatzgläschens das Wasser bis *c* (Teilstrich 25) steht. Dann füllt man das letztere zur Hälfte mit Äther, schiebt auf die weitere horizontal umgebogene Röhre den Leuchtgasschlauch und setzt nun erst in die Kapsel ein. Man dreht jetzt den Gashahn vorsichtig auf, so dass die Blasen nicht allzu heftig durch den Äther streichen, entzündet bei *b* und lässt die Flamme etwa 10 cm hoch werden. Die Abkühlung kann man nun bequem verfolgen und im Momente des Erstarrens steigt das Thermoskop plötzlich um 5 bis 35 mm, indem es deutlich die bei der Eisbildung des unterkühlten Wassers frei werdende Wärme erkennen lässt. Man vermeidet bei diesem Arrangement die Belästigung der Hörer durch den Ätherdampf. (Bei hoher Zimmertemperatur im Sommer lasse man bei Beginn des Versuches den Hahn des Thermoskops noch eine halbe Minute offen, weil sonst die Skala event. nicht ausreicht). Die Unterkühlung tritt unter 20 Versuchen 19 mal ein. Sie bleibt aus, wenn man unmittelbar nach dem Abschmelzen des Eises den Versuch wiederholt, eine Thatsache, welche die Ansicht von der Vorbildung mikroskopisch kleiner Eisnadeln von 4° bis 0° unterstützt. Will man den Eiscylinder vorzeigen, so ziehe man das Einsatzglas nicht mit Gewalt heraus, da sonst die Kapsel unfehlbar zersprengt wird!

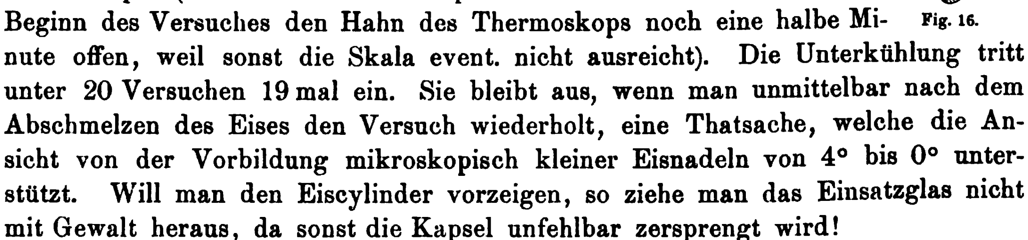


Fig. 16.

41. Stellt man eine der mit Schrot gefüllten Kapseln in ein mit Wasser gefülltes Glasgefäss, die andere in eine mit Wasser gefüllte Thonzelle, so ergiebt sich bald ein Unterschied (ALCARAZZA).

42. In ähnlicher Weise lässt sich ein Versuch über Strahlung mit blankem und berusstem Metallgefäss machen. Wassertemperatur etwa 60°. Vor dem Eintauchen öffnet man die Hähne der Manometer etwa eine Minute und wartet, bis nach dem Schliessen kein Steigen mehr erfolgt.

H. Wärme bei chemischen Verbindungen.

Die bei chemischen Verbindungen erzeugte Wärme weisen wir nach an der Vereinigung 1. fester Körper mit flüssigen, 2. fester mit gasförmigen, 3. flüssiger mit flüssigen, 4. flüssiger mit gasförmigen, 5. gasförmiger miteinander.

Für 1. genügt es (*43.*) etwas Kupfer mit Salpetersäure, oder Zink mit kalter verdünnter Schwefelsäure in einem Einsatzgläschen zusammenzubringen. Zu 2. bringen wir (*44.*) einige erbsengrosse Stücke Natrium in die Kapsel, füllen ein Deckglas mit Chlor und stülpen dasselbe über. Der Ausschlag ist nicht gross und der Versuch nur der Vollständigkeit halber aufgenommen. Zu 3. empfiehlt es sich, 4 bis 5 ccm Wasser in ein Einsatzglas zu bringen (*45.*), dann fügt man ebensoviel Ammoniaklösung hinzu; es erfolgt kein Ausschlag, wohl aber sobald jetzt Chlorwasserstoffsäure zugesetzt wird. Zusammenbringen von Wasser und Alkohol, Wasser und einigen Tropfen Schwefelsäure giebt ebenfalls deutliche Reaktion. Zu 4. giebt es mehrere Arten von Versuchen (*46.*). Man bringt etwas Ätznatron in ein Einsatzglas, und leitet einige Blasen Kohlensäure durch, oder auch unter leichtem Schütteln über die Flüssigkeit; oder man legt ein Blatt Filtrierpapier auf eine Halbkugel, netzt mit Natronlauge und leitet Kohlensäure darüber, oder man senkt Fig. 17, indem man den Schlauch des Thermoskops über einen Glasstab gehen lässt, die Halbkugel in ein Glas mit Kohlensäure. Entsprechend mit Ammoniaklösung

Fig. 17.

in Chlorwasserstoffgas. Letzteres gelingt auch leicht (*47.*), indem man auf eine Halbkugel ein Stück Filtrierpapier legt, 2 bis 3 Tropfen *HCl* zugiebt und ein Glas mit Ammoniakgas überstülpt (Fig. 18).

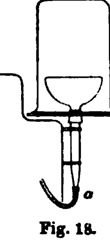


Fig. 18.

48. Zum Nachweis der Wärme bei chemischen Verbindungen von Gasen bedienen wir uns der geteilten Kapsel (Fig. 19). Es eignen sich zu dem Versuche besonders NH_3 und HCl, NH_3 und CO_2, NO und Luft. Man füllt die Teile mit den Gasen, das obere mit dem leichteren, und setzt sie durch Deckgläser getrennt, übereinander, verbindet die Spitze mit dem Thermoskopschlauch und wartet bis keine Abkühlung mehr angezeigt wird. Dann zieht man die Deckgläser weg, fasst den breiten Rand an und kehrt die Kapsel mehrere Male um. Der Ausschlag geht bis über 50 mm. Da diese Versuche wohl ohnehin im chemischen Unterrichte angestellt werden, so nehmen sie keine besondere Zeit in Anspruch. Der Nachweis, dass bei blossem Mischen von Gasen, die keine chemische Verbindungen eingehen (Sauerstoff und Stickstoff), keine Wärme auftritt, ist, nach den vorhergehenden angestellt, gerade seines negativen Ergebnisses wegen ein nicht zu unterschätzender Beweis, dass die Luft keine chemische Verbindung ist.

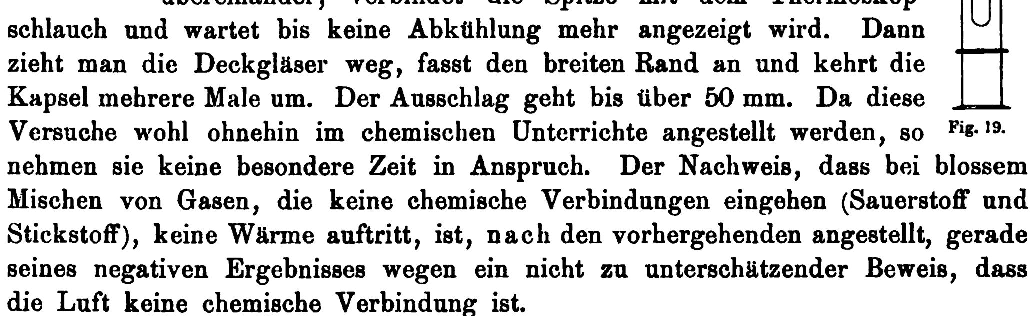


Fig. 19.

49. Es gehört hierhin noch der Versuch, stark erhitzten Kupfervitriol, dem dadurch sein Krystallwasser entzogen wird, in Wasser (Kapsel *a*) einzuführen. Da hier das Salz sich mit dem Hydratwasser chemisch verbindet, so überwiegt die Verbindungswärme die zur Lösung verbrauchte. (Passender Parallelversuch zu der durch Lösung von Chlorammonium in Wasser erzeugten Abkühlung, Versuch *35.*)

J. Wärmewirkungen des elektrischen Stromes.

Dass der elektrische Strom in Leitern Wärme erzeugt, wird durch das Glühen von Drähten gezeigt. Es eignet sich nun das Thermoskop dazu, nicht nur diese, sondern auch die in flüssigen Leitern auftretende Wärme nachzuweisen; selbst die Unterschiede, welche durch die Natur der dabei auftretenden chemischen Prozesse bedingt sind, treten deutlich hervor.

50. Durch Platindrähte, welche in Glaskugeln eingeschlossen sind, zeigt man bekanntlich die Wärmeentwicklung in festen Körpern. Geht durch zwei Kugeln, deren Drähte sich der Länge nach wie 1 : 2 verhalten, derselbe Strom, so stehen nach dem Jouleschen Gesetze auch die Wärmemengen in diesem Verhältnisse. Man hat also nur nötig, die die Drähte enthaltenden Kugeln mit jedem Schlauche in Verbindung zu bringen. Bei einem Strome von 1 Amp. erhielt Verfasser die Ausschläge 34 bezw. 65; 35 bezw. 69 mm.

51. Der Methode von LENZ folgend, lässt man zwei an starken Kupferdrähten befestigte Platindrähte von 15 bezw. 30 cm in die beiden mit 10 ccm Alkohol gefüllten Kapseln tauchen, wodurch die Platinspirale gerade bedeckt wird. Beim Durchgange eines schwachen Stromes (1 Amp.) standen die Ausschläge genau im Verhältnis 1 : 2.

52. Der Nachweis, dass das Joulesche Gesetz auch für Flüssigkeiten gilt, erfordert zwei verstellbare Kupferelektroden. Zwei kreisförmige Platten werden horizontal in die Kapsel eingesenkt, der zur unteren führende Draht geht isoliert durch die obere. Ein zweites Plattenpaar, bei welchem der Abstand doppelt so gross ist, taucht man in die andere Kapsel und lässt denselben Strom durch beide

gehen. Die Ergebnisse waren befriedigend, doch sind die Versuche darüber noch nicht abgeschlossen. —

Sehr lehrreiche Versuche ergeben sich aus der Zersetzung der Flüssigkeiten mit gewöhnlichen, senkrecht eingeführten Elektrodenplatten, weil dabei zu gleicher Zeit noch mehrere recht interessante Einzelheiten zu tage treten.

53. Man steckt die benötigten Platinelektroden, die man sich leicht selbst herstellen kann, durch einen Kork, der in die Kapsel passt. — Benutzt man diese Elektroden zur Wasserzersetzung (richtiger zur Zersetzung verdünnter Schwefelsäure), so zeigt das Thermoskop schon nach wenigen Minuten Erwärmung an. Mit einem Strom von vier schon stark gebrauchten Bunsenschen Tauchelementen (0,5—1 Amp.) waren in Zwischenräumen von 5 Minuten Ausschläge von 27, 41, 53, 63, 73, 80 mm abzulesen.

54. Um den Unterschied der Wärmeerzeugung bei polarisierbaren und nicht polarisierbaren Elektroden nachzuweisen, bringt man in die beiden Kapseln gleiche Mengen einer concentrierten Kupfervitriollösung und lässt in die erste Platinelektroden, in die zweite genau gleichgrosse Kupferelektroden tauchen. (Hat man zwei gleiche Paare von Platinelektroden, so kann man durch vorherige Zersetzung von Kupfervitriol in einem anderen Gefässe eine Platte mit Kupfer überziehen.) Lässt man jetzt den Strom in derselben Stärke wie im Versuche (*53*) durch beide Zellen gehen, so schlägt sich an je einer Platte Kupfer nieder, an der zweiten Platte bildet sich einmal Sauerstoff, das andere Mal wird das dort vorhandene Kupfer mit dem Säurerest zu Kupfervitriol verbunden. Man erhält im ersteren Fälle weit mehr Wärme, wie folgende Versuchsreihe (von 5 zu 5 Minuten beobachtet) ergiebt.

Platinelektroden	26	41	53	63	73	80,5
Kupferelektroden	12	19	26,5	33,5	40	51,5

Es wird also damit die in der modernen Elektrochemie auch durch die Versuche von FAVRE bekannte Thatsache durch eine einfache, keine weiteren Beobachtungen und Rechnungen verlangende Methode experimentell bestätigt. Man führt dieselbe auf das Gesetz zurück, dass der Energieverlust, den eine stromliefernde Batterie durch die Vorgänge in der Zersetzungszelle erleidet, grösser ist als die Zersetzungswärme der betreffenden Verbindung. Es muss daher in der Zelle mit Platinelektroden überschüssige Wärme auftreten, was bei der anderen mit unpolarisierbaren Elektroden nicht der Fall ist. Wenn die hier angezogenen Versuche auch über den Rahmen des Schulunterrichts hinausgehen, so lassen sich doch, wenn sie von vornherein im Thermoskop ausgeführt werden, daraus sehr lehrreiche Folgerungen herleiten. (*55.*) Dass im geschlossenen Elemente mehr Wärme entsteht, als im offenen, zeigt ein einfacher Versuch. Zwei kleine Zinkkohle-Elektroden tauchen in die mit Chromsäurelösung gefüllten Kapseln, das eine der beiden kleinen Elemente ist offen, das andere geschlossen. In letzterem wird mehr Wärme erzeugt[4]).

Selbstverständlich lassen sich auch die in Kugeln eingeschlossenen, durch Thermoelemente erzeugten Wärme- und Kältemengen nachweisen, wenn ein Strom in verschiedener Richtung hindurchgeschickt wird.

---

[4]) *Anm. d. Red.* Dieser Versuch, der nach Mitteilung des Verfassers oft und unter verschiedenen Bedingungen wiederholt ist, steht mit den sonst bekannten elektrochemischen Thatsachen in Widerspruch und bedarf noch weiterer Aufklärung.

K. Das Thermoskop als Manometer.

56. Die Osmose der Gase, welche durch den Neumannschen Wasserstrahlversuch in so eleganter Weise gezeigt wird, lässt sich noch einfacher mit dem Thermoskop nachweisen. Es wird eine Thonzelle, an welche ein Glasansatz gekittet ist (Fig. 20), an das Thermoskop angeschlossen. Stülpt man jetzt ein Leuchtgas, Wasserstoffgas oder Ammoniak enthaltendes Becherglas über, hebt es ab und senkt es wieder (vorsichtig!), so folgt die Säule äusserst prompt den Bewegungen (Erklärung des Wetterindikators von ANSELL). Die entsprechenden Versuche mit Kohlensäure ergeben sich von selbst. Man hat nur nötig, (*57.*) die Zelle in ein auf dem Experimentiertische stehendes Glas mit Kohlensäure zu tauchen (Erklärung der Lungenthätigkeit durch rhythmisches Heben und Senken). Beim Abheben des Glases in vorigem Versuche drehe man erst den Hahn auf, weil sonst die Flüssigkeitssäule oft herausgeschleudert wird.

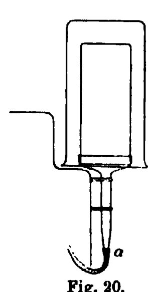


Fig. 20.

Die nebenstehend gezeichnete Kapsel (Fig. 21) dient zu vielen manometrischen Versuchen, die von Dr. FUCHS-Essen in der beschriebenen Form speziell für das Thermoskop angegeben wurden. Zunächst dient sie zum Nachweis des bei Oxydationen verbrauchten Sauerstoffs. (*58.*) Man giebt in die enge Röhre einige ccm nahezu gesättigter Eisenvitriollösung, fällt mit Ätznatron und setzt den Gummistopfen auf, dessen Rohr man mit dem Thermoskop vorher verbunden hat. Benetzt man nun durch Schütteln die Kugel, so oxydiert sich der entstandene Niederschlag (Gelbwerden desselben) und der verbrauchte Sauerstoff zeigt sich deutlich an. Setzt man nach mehrfachem Schütteln *b* in die Thermoskopkapsel, so zeigt diese geringe Erwärmung an.

Fig. 21.

Unten an der Röhre *a* befindet sich eine Glasöse *d*, an die man bequem Substanzen mittels Drähten aufhängen kann; beispielsweise (*59.*) ein Stück Phosphor, um den bei der Oxydation verbrauchten Sauerstoff nachzuweisen (der Phosphor muss sofort nach dem Versuch entfernt werden, weil bei längerer Einwirkung die Gummistopfen spleissen) oder ein Stück geglühter Holzkohle, um die Absorption der Luft zu zeigen. Stark ist die Absorption in Kohlensäure (*60.*); wenn keine Absorption mehr erfolgt, entfernt man durch Blasebalg die noch übrige Kohlensäure; setzt man nun die zur Vorsicht in einer zweiten mit Kohlensäure gefüllten Kapsel aufgehobene Kohle wieder ein, so treibt die Luft jetzt die verdichtete Kohlensäure wieder heraus, die Säule steigt.

61. Ähnlich gestaltet sich der Versuch, wenn man (Fig. 21) bis *c* mit Wasser füllt, CO_2 einleitet und schüttelt. Die Absorption zeigt sich deutlich. Fährt man nun fort, bis keine CO_2 mehr absorbiert wird, bläst die überflüssige weg, schüttelt wieder, so treibt die Luft jetzt die CO_2 heraus, die Säule steigt. Macht man den Versuch mit Kalkwasser, so zeigt sich die Fällung und Lösung des $CaCO_3$; beim Schütteln mit Luft fällt dann letztere wieder aus (Theorie der Stalaktitenbildung).

62. Füllt man bis *c* mit Wasser und giesst vorsichtig etwas Ammoniaklösung darauf, so erfolgt nach Aufsetzen des Stopfens beim Schütteln heftige Absorption des noch überstehenden Ammoniakgases. Ähnlich absorbiert (*63.*) ausgekochtes Wasser wieder Luft.

64. Durch Einbringen von 1 bis 2 ccm concentrierter Schwefelsäure lässt sich leicht die Feuchtigkeit der Luft nachweisen, ebenso durch dünne Natronlauge die Kohlensäure. Ein hübscher Doppelversuch ergiebt sich (*65.*), wenn man dabei

die eine Kapsel mit Zimmerluft vor bezw. nach der Stunde (Vorlesung) gefüllt hat, oder mit Luft aus der Lunge bezw. aus dem Auditorium. (Dünne Natronlösung!).

66. Lässt man durch den Gummistopfen zwei dicke Kupferdrähte gehen, oder schmilzt dünnere und darum handlichere Platindrähte in Glasröhren ein, die man in den Kolben einführt, hängt gleichzeitig an die Öse einen Streifen mit Jodkaliumstärke getränkten Papiers, so färbt sich dieser beim Durchgang des Induktionsfunkens durch das sich bildende Ozon blau, während das Manometer die Verdichtung dreier Moleküle *O* zu zwei Molekülen Ozon ankündet.

67. Hängt man in die beiden zu Versuch (*65.*) gebrauchten bauchigen Gefässe (die in die Kapsel als Träger passen) zwei 3- bis 4fach zusammengefaltete Streifen Filtrierpapier, die mit Wasser bezw. Alkohol getränkt sind, so zeigt sich der Unterschied der Dampfspannung, wenn man *a* mit den Schläuchen verbindet (HUFMANN).

Verbindet man (*68.*) das Manometer mit der Gasleitung in einem oberen Stockwerke, während der Haupthahn geschlossen ist und lässt unten im Gebäude einen Hahn öffnen, so steigt das Thermoskop im Augenblicke des Öffnens (Auftrieb). Der hübsche Versuch wurde dem Verfasser von Dr. NIEMÖLLER (Osnabrück) angegeben.

Das Gabelrohr (Fig. 22) dient zu mehreren Versuchen, der folgende (*69.*) enthält eine Denkaufgabe. Man spannt *a* und a_1 an die Thermoskopschläuche, und verbindet *b* (durch Verjüngungsstück) mit der Gasleitung. Man hält den einen Schlauch, der zum Thermoskop führt zu, öffnet die Gasleitung und giebt nun den anderen Schlauch frei, wie hoch wird die Säule steigen?

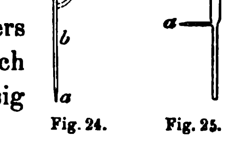


Fig. 22.

70. Schliesst man (Fig. 23) an den Thermoskopschlauch die Wasserluftpumpe *w* mit dicht aufgesetztem Trichter *t* und giesst Wasser durch, so zeigt sich die Saugwirkung durch einen Niedergang der Flüssigkeitssäule um etwa 10 cm.

Fig. 23.

71. Die Saugwirkung des bekannten Zerstäubers (Fig. 24) zeigt sich deutlich, wenn man *a* an den Schlauch spannt, bei *b* mit der Hand fasst und durch *c* mässig kräftig bläst.

Fig. 24. Fig. 25.

72. Die Saugwirkung des Apparates Fig. 25 wird ebenso gezeigt. Man bläst, *b* mit der Hand haltend, durch *c*.

Entsprechende Versuche lassen sich hier mit Dampf und Wasser anstellen.

73. Eine Messung der Adhäsion bei Capillaren gestattet das Arrangement Fig. 26, das ohne weiteres verständlich sein dürfte. Man taucht *b* einen Augenblick in Wasser, erwärmt dann *c* mit der Hand, so geht der Flüssigkeitsindex je nach Lichtweite der Capillare sehr hoch, ehe der Wasserfaden aus der Capillare herausgedrängt wird und der Index fällt. Man nehme daher die Capillare nicht zu enge. Stets erfolgt aber das plötzliche Fallen des Index in derselben Höhe, weshalb man auch mit Alkohol vergleichen kann.

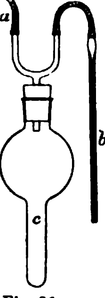


Fig. 26.

Neue Demonstrationsapparate für zusammengesetzte Schwingungen, besonders Schwebungen.

Von

Kurt Geissler in Charlottenburg.

1. Apparat für sichtbare Schwebungen eingeklemmter Drähte. Klemmt man eine Stricknadel mit einem Ende zwischen zwei Tischplatten und drückt eine zweite ebenfalls mit einem Ende an der entsprechenden Stelle auf die obere Platte, so kann man sehen, dass beim Anschlagen der unteren die obere Nadel in Mitschwingung versetzt wird; dieselbe Erscheinung entsteht, wenn man beide unter derselben Schachtel am Rande eines Tisches festdrückt. Sind die Nadeln gleich stark und nahezu gleich lang eingeklemmt, so sieht man an der blanken Spitze Schwebungen, die bei gleichzeitigem Anschlagen beider Nadeln auch hörbar werden. Durch diese Beobachtung kam ich auf die Herstellung des folgenden Apparates. Armlange und kürzere Stahldrähte, auf deren Ende je eine weisse Holzkugel gesteckt ist, werden zwischen drei elastische, gleich grosse Holzdeckel geklemmt, welche so wie Fig. 1 zeigt, an mehreren Stellen gegeneinandergeschraubt werden können. Wählt man zwei gleichdicke Drähte und schiebt sie so, dass die hervorragenden Stücke nicht sehr verschieden lang sind, und setzt man dann den einen mit der Hand in der zu den Brettern senkrechten Ebene kräftig in Bewegung, so zeigt der zweite weithin sichtbare Schwingungen mit regelmässig zunehmender und abnehmender Amplitude, also Schwebungen. Die in Mitschwingung geratenden Bretter teilen nämlich dem zweiten Drahte am unteren Ende Bewegung mit, infolge davon macht er Schwingungen, welche seiner Länge entsprechen. Da sich aber die Stösse nach dem etwas anderen Takte des ersten Drahtes wiederholen, so wirken sie regelmässig nach gewissen Zeiten schwächend und dann wieder verstärkend u. s. w. Es zeigt sich also im zweiten Drahte gleichzeitig und in ganz exakter Weise das Resultat zweier Schwingungen. Hält man den zuerst bewegten Draht fest, so schwingt der zweite ohne Interferenz nach seiner eigenen Schwingungszeit weiter. Es ist sehr leicht, durch Herauf- und Herunterschieben eines Drahtes raschere und langsamere Schwebungen nach den bekannten Gesetzen herzustellen, auch durch Verschieben beider Drähte dieselbe Erscheinung für raschere oder langsamere Schwingungen vorzuführen. Klemmt man zwei gleiche und dazu noch einen dritten Draht ein und setzt die ersten mit gleichen Amplituden und entgegengesetzten Phasen in Bewegung, so schwingt wegen vollkommener Interferenz der Resonanzbretter der dritte Draht nicht mit. Sobald aber die Amplituden oder Phasen ungleich sind, so zeigt sich eine entsprechende Bewegung am dritten Drahte. Die Länge des letztern kann man so wählen, dass seine Eigenschwingung mit jenen entweder Schwebungen bildet oder auch nicht.

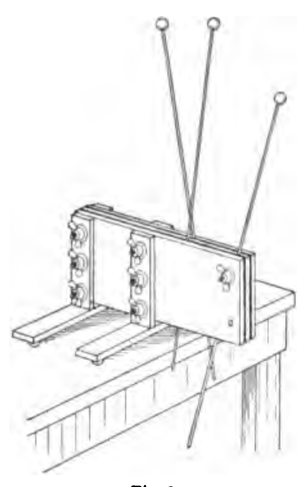


Fig. 1.

Klemmt man eine grössere Anzahl von Drähten ein, die entweder alle oder zum Teil durch die Hand in Bewegung gesetzt werden, so zeigen sich gegenseitige Interferenzen beziehlich Schwebungen. Das Ganze bietet dann eine anschauliche Analogie für das Zusammenwirken der verschiedenen harmonischen oder disharmonischen Schwingungen, durch die etwa bei einer Musik ein Luftteilchen gleichzeitig erregt wird. Die Bewegung eines Drahtes, der neben seiner kräftigen

Eigenschwingung weniger kräftige Nebenschwingungen macht, könnte auch als ein Instrumententon (Hauptton mit Obertönen) angesehen werden, und es könnte durch Zufügung passender anderer die Klangfarbe eines Tones verändert werden, den ein und derselbe Draht bei unveränderter Eigenschwingung giebt. Endlich lassen sich Combinationstöne durch den Apparat, bei entsprechend häufigen Schwebungen zweier ungleicher Drähte, eines dünneren und dickeren, beziehlich längeren und kürzeren, anschaulich machen.

2. Ein Schwebungskaleidophon. Ein festes Eisengestell (Fig. 2) trägt am Ende eines horizontalen Armes eine starke und breite Feder, die in einen Schlitz geschoben und daselbst mittels eines beweglichen Messingstückes *m* und einer Schraube *s* festgeschraubt werden kann. Diese vertikal schwebende Feder trägt oben mittelst eines horizontalen Armes in ähnlicher Weise eine lange schmalere Feder, welche oben in einer blanken Messingkugel endigt. Setzt man durch entsprechendes Andrücken die oberen Teile innerhalb zweier senkrecht auf einander stehenden Vertikalebenen in Bewegung, so zeigt die Kugel die Figuren von Lissajous wie ein gewöhnliches Kaleidophon. Die unteren Teile der Federn tragen ziemlich schwere Laufgewichte *l*, *l'*; werden hier durch Andrücken gegen die Gewichte Schwingungen eingeleitet, während die oberen Teile der Federn noch in Ruhe sind, so wird bei jeder Hin- und Herschwingung eine kleine Bewegungsgrösse durch die Befestigungsstellen *a* und *b* hindurch elastisch nach oben übertragen: jedes obere Federstück zeigt alsbald ein Hin- und Herschwingen, dessen Schwingungsdauer sich nach der eigenen Länge richtet. Stimmt diese nicht genau mit der Schwingungsdauer des unteren Stücks überein, so wirken die kleinen Antriebe nach einiger Zeit hindernd und dann wieder fördernd, so dass die Messingkugel ganz deutlich Schwebungen und zwar, nach Belieben des Experimentators, in einer oder auch in beiden Ebenen zeigt. Die Kugel schwingt also in jeder Ebene ebenso wie etwa ein Luftteilchen, das von zwei gleichzeitig in derselben Richtung dahineilenden Wellenbewegungen ergriffen wird. Stellt man die Federn so ein, dass die oberen Stücke recht kurz und die Laufgewichte hoch genug gerückt sind, so sind die Schwingungen entsprechend rasch und es erscheint der Weg der Kugel wie eine glänzende Lichtcurve. Will man aber die Bewegungen langsam verfolgen können, so sind die Federn länger auszuziehen und die Gewichte nach unten zu schieben.

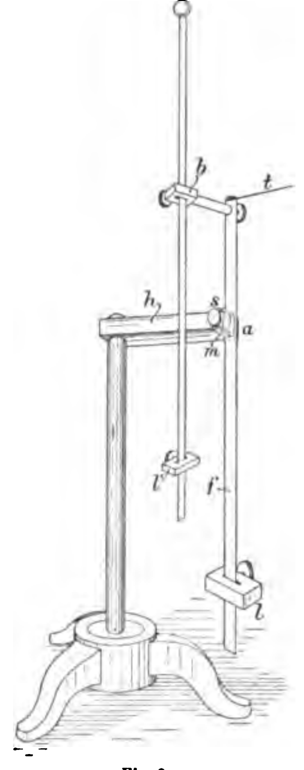


Fig. 2.

Befestigt man am oberen Ende der starken Feder eine Borste *t* mit Wachs und bringt eine Schreibwalze heran, so zeichnet bei Drehung derselben die Borste diejenige Schwebungscurve auf, welche durch die breite Feder erzeugt wird. Ganz ausgezogen reicht der Apparat, dessen Gestell 40 und dessen Federn 46 und 61 cm Länge haben, auf der Erde stehend, über den Tisch empor; er verträgt so starke Erregungen, dass die Schwingungsweiten durch die grössten Säle zu sehen sind.

3. Pendelapparat für Demonstration von Schwebungen, für Aufschreibung von zusammengesetzten Wellenlinien und für Demonstration von Lissajous Figuren. Eine leicht bewegliche, auf ausgerundeten Schneiden

lagernde Metallaxe, hat an sechs Stellen vertikale Durchbohrungen. Vier von diesen nehmen kleine cylindrische Metallhebel auf, die senkrecht auf und ab geschoben und mittelst der Schräubchen *s*, Fig. 3, festgeschraubt werden können. Die Hebel sind unten aufgeschlitzt und es lässt sich ein kleiner Ring von unten her darauf schieben, so dass ein Seidenfaden in der Mitte des Schlitzes festgeklemmt werden kann, Fig. 4. Diese Fäden tragen 10 g schwere Messingkugeln. Eine fünfte Öffnung *o* nimmt vertikal eine Stahlstricknadel auf, an der sich 40 g schwere Messingscheiben verschieben und festschrauben lassen. Wird dieses Pendel, das Axenpendel heissen möge, in Bewegung gesetzt, so macht die ganze Axe Drehungen. Eine sechste Öffnung trägt einen leichten Zeiger, der nach oben ragt. Am Ende der Axe lässt sich eine Borste *t* anbringen zum Aufschreiben der Axenbewegung.

Fig. 4.

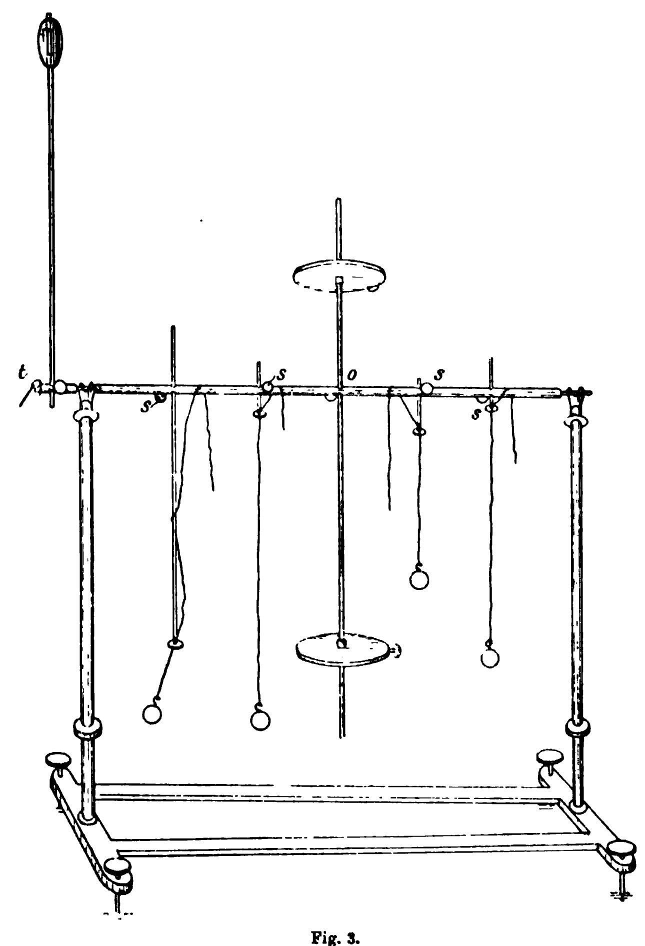


Fig. 3.

Die Gesetze des einfachen Pendels sind an den Fadenpendeln zu zeigen, wenn man das Axenpendel durch Niedersenken bis zum Boden festmacht, wobei auch die Hebel zur Ruhe gezwungen werden, also die Pendellängen vom unteren Ende der Hebel an zu rechnen sind. Die Gesetze des physischen Pendels zeigt das Axenpendel, wenn man die Hebel samt den Fäden fortnimmt und die Messingscheiben in verschiedenen Höhen festschraubt. Der besondere Zweck des Apparates ist aber erstens, die Messingkugeln der Fadenpendel Schwebungen zeigen zu lassen. Bringt man nämlich alle Pendel an und setzt das schwere Axenpendel in Bewegung, natürlich in einer Ebene senkrecht zur Axe, so erhalten die Fäden bei jeder Schwingung am oberen Ende seitliche Bewegungsantriebe. Die Messingkugeln werden zunächst etwas gehoben und beginnen zu pendeln, da die Fäden nun schief hängen. Die Schwingungsdauer hängt von der Länge jedes Fadens ab. Ist dieselbe eine andere als die des Axenpendels, so wirken nach bestimmten Zeiten die Bewegungsantriebe entgegengesetzt und mindern die Schwingungsweite, um sie später wieder zu verstärken u. s. w. Man vergleiche die Lagen in Fig. 5, wo *a* die gegenseitige Verstärkung, *b* die Verminderung zeigt. So kommt es, dass die Kugeln bald stillstehen und zwar

alle zu verschiedenen Zeiten, falls die Fäden alle verschieden lang sind, und bald wieder schwingen. Man kann auf einmal sehen, wie die Zahl der Schwebungen bei verschiedenen Tönen von den Schwingungsverhältnissen abhängt, und da diese Verhältnisse hier leicht durch das Pendelgesetz zu bestimmen und auch beliebig danach zu wählen sind, so erscheint dies bequemer als bei schwingenden Stäben oder Stimmgabeln.

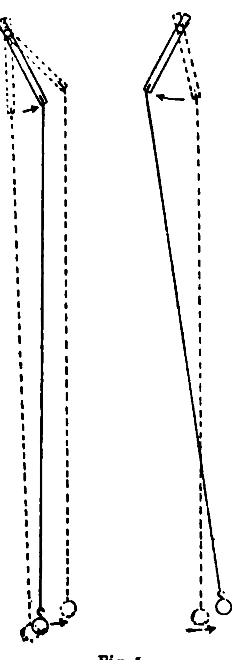


Fig. 5.

Nimmt man das schwere Pendel heraus und lässt nur eine Messingkugel an einem Hebel hängen, so zeigt dieselbe, in der vertikalen Axenebene in Schwingung versetzt, eine andere Schwingungsdauer als in der Vertikalebene senkrecht zur Axe, da der Hebel in der letzteren Ebene mitschwingt und die Pendellänge vergrössert. Es zeigen sich also an der Messingkugel die Figuren von Lissajous, sobald man dieselbe in einer Vertikalebene in Schwingung versetzt, die einen spitzen Winkel mit der Axe bildet, oder erst in der Ebene der Axe und dann noch senkrecht dazu anstösst. Sollen die Zeitunterschiede beider Pendelbewegungen recht verschieden sein, so setzt man einen dazu bestimmten langen, aber leichten Hebel *h* ein, an dessen unterem Ende ein kurzer Faden festgeklemmt wird.

Setzt man zwei der Fadenpendel in Schwingungen senkrecht zur Axenebene, so wirken beide zugleich vermittelst der Hebel auf die Axe und diese führt Drehungen aus, die als Resultierende aus denen hervorgehen, welche jedes Pendel einzeln erzeugen würde. Die Marke des Zeigers bewegt sich dementsprechend und führt Interferenzbewegungen aus. Wirken beide Pendel gleich stark und stets mit entgegengesetzter Phase, so demonstriert der Stillstand der Marke vollkommene Aufhebung, bei anderen Phasenverhältnissen, verschiedenen Amplituden, verschiedenen Pendellängen zeigt der Zeiger andere Arten von Interferenzen. Die Schreibborste *t* schreibt auf einer Schreibwalze die Curven der zusammengesetzten Wellenbewegungen auf; es ist z. B. leicht, die Curve von Verhältnissen wie bei den Tönen *c* und *c'* schreiben zu lassen, welche sonst die algebraische Addition der Ordinaten der beiden Wellen nach der bekannten Methode ergiebt. Ebenso leicht kann man die Curvenform eines Accordes wie *c*, *e*, *g*, *c'*, die zweier naheliegenden Töne, etwa *c* und *cis*, auch die einer Dissonanz mehrerer Töne rasch aufschreiben lassen. Natürlich erfolgen die einzelnen Schwingungen viel langsamer als bei hörbaren Tönen, was für die Demonstration an der Zeigermarke ebenso günstig ist, wie die leichte, gesetzmässige Veränderung der Schwingungsverhältnisse nach dem Pendelgesetze für Herstellung jedes beliebigen Falles.

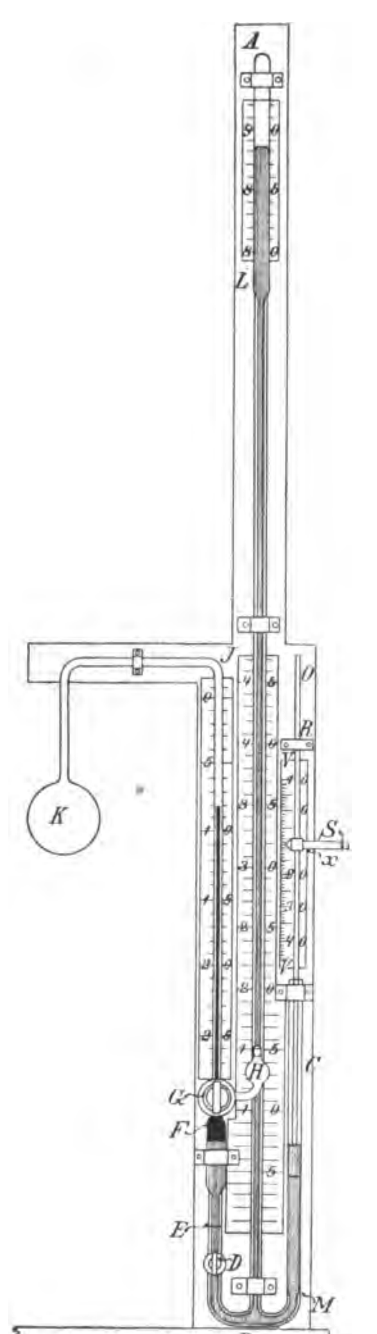
Die Versuche, welche der Apparat gestattet, sind mit dem Gesagten noch nicht erschöpft; bei eigenem Probieren wird man auf manches kommen, namentlich Aussonderung einer Componente aus zusammengesetzter Bewegung, allmähliche Entfernung dieser Componente aus der Bewegung einer Kugel, Übertragung auf eine andere, Übungen über das Princip der Krafterhaltung u. dergl.[1])

[1]) Die beschriebenen Apparate werden von der Firma Warmbrunn, Quilitz & Co., Berlin C., ausgeführt.

Über ein neues selbstcorrigierendes Luftthermometer.

Von
Dr. **Friedrich C. G. Müller** in Brandenburg a./H.

Seit Jahren bin ich bemüht gewesen, empfindliche und auf mehrere Meter ablesbare Luftthermometer für Unterricht, Technik und Wissenschaft herzustellen. Zuerst beschrieb ich 1888 in dieser Zeitschrift *I 102* ein Luftthermometer mit Schwefelsäureindex und einer Differenzskala, an der man noch in 6 m Abstand Zehntelgrade beobachten kann. Dies Instrument wurde im Lauf der Jahre wesentlich verbessert und namentlich mit einem Dreiweghahn zum bequemen Ein- und Auslassen der Säure, sowie mit einem Absperrhahn für den Transport, ausgestattet. Es hat sich selbst im Anfangsunterricht als zweckmässig und bequem bewährt, bedarf aber für absolute Bestimmungen einer Verstellung der Hauptskala nach dem Barometerstande.



Ein Jahr später beschrieb ich das erste selbstcorrigierende, mit dem „umgekehrten Gefässbarometer" verbundene Luftthermometer (*Wied. Ann. 36, 763;* d. Zeitschr. *II 245* und *IV 215*), welches weitgehendes Interesse erweckte. Seiner Verbreitung stand aber der Umstand entgegen, dass es sich im gefüllten Zustande nicht mit Sicherheit versenden liess. Vor kurzem habe ich nun zu meiner eigenen Überraschung erkannt, dass man zur selbstthätigen Beseitigung der Einflüsse des Luftdrucks jedes Quecksilberbarometer, insonderheit das Heberbarometer, in ein fachster Weise benutzen kann. Nehmen wir ein gewöhnliches Heberbarometer und drücken das Quecksilber im offenen Schenkel mittels des Stopfens um einige Centimeter hinab, so dass die Quecksilbersäule in gehobener Stellung verharrt, ohne die Leere ganz auszufüllen, so ist auch der Druck an jedem Punkte der Säule constant geworden und lediglich bestimmt durch den senkrechten Abstand vom oberen Quecksilberspiegel. Damit ist ein so bequemer Weg zur Construktion eines selbstcorrigierenden Luftthermometers gewiesen, dass man kaum begreift, wie man erst einen weit schwierigeren, wenn auch interessanteren, Umweg einschlagen konnte.

Nach dem angedeuteten Prinzip construierte ich das nachfolgende Instrument; AB ist das 105 cm lange Barometerrohr, BC dessen offener Schenkel. Die Teile AL und MC sind 6 mm weit, das übrige Rohr etwa halb so weit. Es steht mit einem zweiten durch den Hahn D verschliessbaren kurzen Schenkel BE in Verbindung, dem mittels eines Stücks Schlauch das Luftthermometer $EFGIK$ angeschlossen ist.

Das Luftthermometer besteht, wie bei meinen älteren Instrumenten, aus der Kugel K und dem zweimal rechtwinklig gebogenen Capillarrohr, in dessen längerem Schenkel IG sich die Sperrflüssigkeit vor der Hauptskala auf und ab bewegt. Das Rohr steht durch den Dreiweghahn G mit der Erweiterung F und diese durch ein 2 cm langes, 2 mm weites Rohrstück mit EB in Verbindung. Ausserdem ist an G der mit Stöpsel verschliessbare kleine Einguss H gesetzt.

Als Sperrflüssigkeit dient mit Indigo gefärbte 78procentige Schwefelsäure, die gerade 8mal leichter ist, als Quecksilber. Die Säure füllt etwa ein Drittel von F, während darunter das Quecksilber steht.

Der Lederstopfen im offenen Schenkel hat einen langen Stiel aus dickem Stahldraht O, welcher durch den Riegel R geführt und mit dem rechtwinklig dazu stehenden Griff S bewegt wird. In der Normalstellung wird der Griff bis auf den Anschlagstift X hinabgebracht.

Die Zusammensetzung und Füllung des ganzen Instruments ist eine einfache Sache. Namentlich kann man mit Hilfe des Dreiweghahns durch Ziehen oder Einschieben des Stopfens, bezw. durch Neigen oder Aufrichten des Apparats, die Sperrflüssigkeit nach Belieben ein- oder ausgetrieben werden.

Die Hauptskala, welche die Ausdehnung des eingeschlossenen Luftvolums misst, umfasst etwa 28 Celsiusgrade. Der Abstand der Gradstriche hängt natürlich von den Abmessungen der einzelnen Teile des Apparats ab. Ich habe mich für folgende Grössen entschlossen: Der innere Durchmesser von AL ist 6 mm, von F 10 mm, von IG 1,6 mm, von K 50 mm. Dann erhält ein Celsiusgrad die Länge von 11 mm, so dass man noch aus 5 m Entfernung Zehntelgrade schätzen kann.

Die Herstellung dieser Skala geschieht empirisch. Der Nullpunkt kommt nahe an das Knie des Capillarrohrs zu liegen, so dass man in der Normalstellung des Stopfens die Temperaturen von -1 bis $+27$ ablesen kann. Die Gradlängen nehmen, wie die Theorie ergiebt, mit der Temperatur zu, aber so wenig, dass es nach dem Augenmaass nicht wahrgenommen werden kann.

Ausser dieser gewöhnlichen Art, das Thermometer zu beobachten, können die Temperaturen auch durch die Drucke bei constantem Volumen bestimmt werden. Man kann je durch Auf- und Abwärtsschieben des Stopfens den Säurefaden auf irgend einen bestimmten Punkt, z. B. auf den 10°-Strich der Hauptskala einstellen. Dann muss der Stand des Stopfens der Temperatur entsprechen. Man liest dieselbe an der Druckskala O ab. Zu dem Zweck sitzt an dem Griff S ein kleiner Zeiger, der für gewöhnlich nach vorn steht, aber vor die Skala kommt, wenn man den Griff nach vorn dreht.

Die Gradlänge an der Druckskala ist überall gleich und ergiebt sich durch Division des in der Thermometerkugel vorhandenen Drucks durch die jeweilige absolute Temperatur. Das macht für die angegebenen Grössenverhältnisse 2,70 mm. Die Druckskala wird a priori berechnet und dadurch richtig angebracht, dass man die Kugel zugleich mit einem Quecksilberthermometer in ein Gefäss mit Wasser von Zimmertemperatur taucht und den Säurefaden auf den Strich 10 drückt. Dann befestigt man die Skala so, dass der Zeiger genau auf die betreffende Temperatur weist.

Die Druckskala ist nun das bequemste Mittel, die Hauptskala herzustellen und jederzeit zu controlieren. Ausserdem dient sie, um den Bereich der Hauptskala erforderlichenfalls nach oben oder unten hin zu erweitern. Denn es ist einleuchtend, dass wenn man den Zeiger aus der Normalstellung (10°) auf 0 oder

20 schiebt, dadurch die Werte der Hauptskala um 10° erhöht oder erniedrigt werden. Umgekehrt erweitert sich auch die Druckskala, wenn man den Säurefaden nicht auf 10, sondern auf 0 oder 20 einstellt.

Es verdient ausdrücklich hervorgehoben zu werden, dass auch diese Temperaturbestimmung aus dem Druck bei constantem Volum vom äusseren Luftdruck durchaus unabhängig ist.

Um alle die im Instrumente herrschenden Drucke ohne Weiteres ablesen zu können, ist ein Streifen Millimeterpapier auf das Brett hinter dem Barometerrohr geleimt.

Wenn man will, kann man bei geschlossenem Hahn *D* und hochgezogenem Stopfen den Apparat auch als Heberbarometer benutzen. Indessen darf das Instrument prinzipiell nicht als eine Verbindung von Luftthermometer mit einem Barometer angesehen werden. Wohl war dies bei dem älteren mit dem umgekehrten Gefässbarometer zutreffend. Aber bei dem beschriebenen spielt der Luftdruck gar nicht mehr mit. Das Luftthermometer communiciert nicht mehr mit der Atmosphäre, sondern mit der Toricellischen Leere.

Es braucht kaum bemerkt zu werden, dass man die Form und die Abmessungen des Luftthermometers für bestimmte Verwendungen auch anders wählen kann. Die beschriebene und abgebildete Construktion hat in erster Linie Unterrichtszwecke im Auge. Sie hat sich nach sechsmonatlichem häufigen Gebrauch auf allen Unterrichtsstufen gut bewährt. Dass dies Instrument schon an sich namentlich für Schüler der Oberstufe wegen der scharfen Bestätigung des Mariotte-Gay-Lussacschen Gesetzes sehr lehrreich ist, und dabei übersichtlich und leicht verständlich, dürfte wohl keinem Zweifel unterliegen. Es ist bequem zu handhaben und direct ablesbar, wie das Quecksilberthermometer. Es ist bis auf Zehntelgrade zuverlässig; die einzige Fehlerquelle liegt in zufälligen Ungleichheiten der Capillardepression an der oberen Kuppe. Es folgt Temperaturänderungen des umgebenden Mediums schneller als das Quecksilberthermometer. Die Beweglichkeit des Säurefadens nimmt selbstverständlich mit seiner Länge ab, weshalb man ihn bei thermoskopischen Versuchen mit Hilfe des Stopfens bis fast auf den Hahn herabbringt. Der Hauptvorzug des Luftthermometers ist aber der, dass die Temperaturen von der ganzen Klasse bis auf Zehntelgrade abgelesen werden können.

Die Verwendung eines solchen Thermometers beschränkt sich aber nicht allein auf den Lehrsaal und das Laboratorium, sondern es dürfte auch in Krankenhäusern, Kühlanlagen, Darrräumen, Mälzereien, Gewächshäusern u. s. w., kurz überall da, wo es gilt, mässig hohe Temperaturen zu überwachen und zu regeln, gute Dienste leisten.

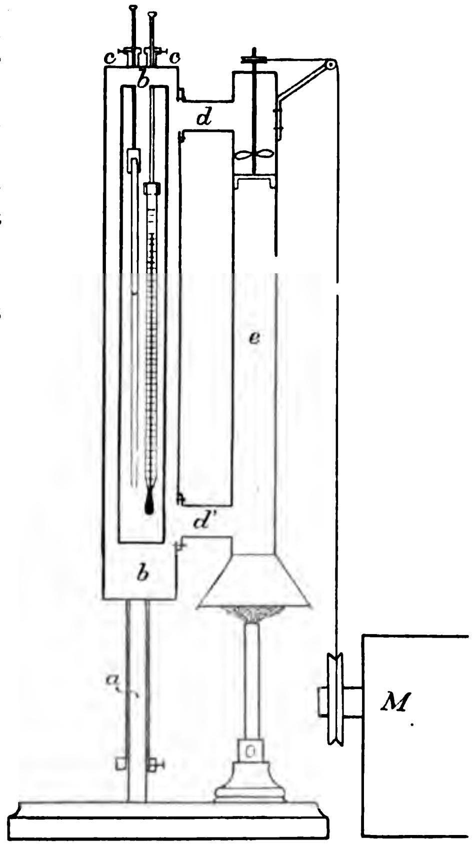
Zum Schluss sei noch ausdrücklich hervorgehoben, dass das beschriebene Instrument, wenn der Hahn geschlossen und der Stopfen bis zur Füllung der Leere herabgeschoben ist, versandt werden kann, wie jedes Heberbarometer.

Anmerk. Herr Max Kohl in Chemnitz hat die alleinige Ausführung der neuen Luftthermometer übernommen.

Ein Vorlesungsapparat zur Demonstration des kritischen Zustandes der Kohlensäure.

Von
Professor Dr. **J. v. Zakrzewski** in Lemberg.

Will man das Verschwinden des Meniscus der flüssigen Kohlensäure im kritischen Zustande derselben einem grösseren Auditorium mittels Projection sichtbar machen, so begegnet man ziemlich grossen Schwierigkeiten, wenn man ein scharfes Bild der Natterer-schen Röhre mit Kohlensäure wie auch eines Projectionsthermometers zu erreichen wünscht. Ob man nämlich ein cylindrisches oder auch parallelopipedisches Gefäss zum Wasserbade verwendet, immer sind die optischen Bedingungen an der Kohlensäure-Röhre bei der Flüssigkeitsgrenze wie auch an der Thermometerröhre so verschieden, dass es kaum möglich ist, ein scharfes Bild des Ganzen, besonders aber des Meniscus zu erhalten.



Diese Schwierigkeiten verschwinden gänzlich, wenn man statt des Wasserbades ein Luftbad verwendet. Der Versuch ist dann — besonders wenn man ihn in möglichst kurzer Zeit ausführen will — freilich nicht so exakt wie beim Gebrauche des Wasserbades, in welches die ganze Kohlensäure-Röhre taucht, dafür ist aber das projicierte Bild sehr deutlich und scharf.

Der Apparat, den ich zu dem Zwecke anfertigen liess, ist in der Figur schematisch abgebildet. Ein der Höhe nach verstellbarer Fuss *a* trägt einen parallelopipedischen Kasten aus Messingblech *b*, dessen zwei gegenüberstehende Wände Spiegelglasplatten bilden. Derselbe ist 42 cm hoch, 6 cm breit und 3 cm tief. Im Deckel trägt er zwei Hülsen *c*, in denen Messingstäbchen als Halter für die Kohlensäure-Röhre und das Thermometer gleiten und mittels Schrauben in geeigneter Höhe festgeklemmt werden können. Die Metallwände sind innen mit Filz verkleidet. In einer der Seitenwände sind oben und unten zwei etwa 3 cm weite Öffnungen gemacht, an deren Ränder zwei horizontal verlaufende, etwa 4 cm lange Messingröhren *d*, *d'* angeschraubt, vom Kasten aber durch Asbestringe isoliert sind. Dieselben münden in ein Kupferrohr *e*, welches die Luftheizvorrichtung bildet. Unten trichterförmig erweitert und durch eine Kupferplatte *f* dicht verschlossen, trägt es oben, etwas unterhalb der Mündung von *d* ein Flügelrädchen, welches durch einen kleinen elektrischen Motor getrieben, die Luftcirkulation beschleunigt.

Eine kleine Flamme eines Bunsenbrenners, welche die Platte *f* erhitzt, genügt, um die Temperatur der Kohlensäure-Röhre und des Thermometers im Kasten binnen 6—7 Minuten bis 30° zu erhöhen. Man entfernt aber die Flamme schon, sobald das Thermometer bis etwa 26° gestiegen ist. Die Heizröhre bleibt längere Zeit warm, das Thermometer steigt bis etwa 32°, um nachher langsam zu fallen. Da die Temperatur des Luftbades — wenn man für den Versuch nicht zu viel Zeit verwenden will — etwas höher gehalten werden muss, so kann es vorkommen, dass das Thermometer, wenn sein Gefäss klein ist, sich rascher erwärmt als die Kohlensäure und im Momente des Verschwindens

des Meniscus etwa 32 oder 33° anzeigt. Man kann dem abhelfen, indem man über das Thermometergefäss ein Glasnäpfchen in Korkfassung befestigt, in welches man so viel Quecksilber nachgiesst, bis sich der Temperaturgang des Thermometers mit dem der Kohlensäure ausgleicht, also der Meniscus bei 31° verschwindet.

Bestimmt man die Höhe der Kohlensäure in der Röhre, indem man als Längeneinheit den Grad der Thermometerskala nimmt, so kann man in demselben Versuche auch den scheinbaren Ausdehnungscoefficienten der Flüssigkeit in den Temperaturgrenzen des Versuches ziemlich genau ermitteln.

Kleine Mitteilungen.

Eine anschauliche Form des Foucaultschen Pendelversuches.

Von Dr. **E. Adolph** in Elberfeld.

Wer im Besitz einer intensiveren Lichtquelle ist, kann den Foucaultschen Versuch mit einem Pendel von einigen Metern Länge und ohne sonstige Hilfsmittel in einer Weise ausführen, die zur Vorführung vor einem grossen Publikum sich eignet und die Pendeldrehung in wenigen Minuten noch auffälliger zeigt, als sie mit den längsten Pendeln demonstriert werden kann. Das Verfahren beruht auf folgender Überlegung. Es sei AB in Fig. 1 der als gerade Linie gedachte Weg des Pendels. Bringt man nun vielleicht vor B in C einen Lichtpunkt und gegenüber in GH einen Schirm an, so wird der Draht des Pendels oder ein unter demselben angebrachter Stift einen Schatten auf GH bei D, also in der Verlängerung von AB werfen, wenn nämlich C selber in der Verlängerung von AB liegt. Führt nun AB eine geringe seitliche Drehung in die Lage A_1B_1 aus, so rückt der Schatten von A_1 nach F, der Schatten von B_1 jedoch schon nach L. Die wirkliche Seitenabweichung BB_1 erscheint also von der Grösse DL, d. h. vergrössert im Verhältnis $CL:CB_1$, während die Strecke AA_1 in der Schattenprojektion die Vergrösserung $DF = AA_1 . CF:CA$ erleidet. Beide Quotienten können auch ersetzt werden durch $CD:CB$ resp. $CD:CA$[1]). Will man den Versuch nicht nur zur Anschauung bringen, sondern auch durch Messung controllieren, so hat man leicht aus LD resp. DF durch Verkürzung im angegebenen Verhältnis die Strecken AA_1 und BB_1 und durch Division mit OB die Tangente oder den Sinus des Ablenkungswinkels. (Diesen letzteren als klein innerhalb der bekannten Grenzen gedacht). Es liegt auf der Hand, dass man durch dies einfache Mittel die Pendelabweichung auf ein beliebiges Vielfaches vergrössern und so binnen kürzester Frist zur Anschauung bringen kann. Den Versuch selbst führe ich in folgender Weise aus. Als Lichtquelle dient mir ein Skioptikon bekannter Form, dessen Gehäuse ich jedoch durch eine elektrische Lampe mit feststehendem Lichtpunkte ersetzt habe. Die positive Kohle, (Fig. 2) welche ich immer unten brenne — aus naheliegenden Gründen für Spektralversuche — stelle ich etwas schräg zurück, von der Condensatorlinse weg und erreiche, wie bekannt sein dürfte, dass der Lichtkrater sich schräg seitwärts bildet und wie ein Reflektor die Hauptmenge der Strahlen wagerecht wirft. Die eine Condensatorlinse entferne ich, erhalte also ein Bündel paralleler Strahlen, die ich mittels des Objektivs zu einem Bilde der Kohlenspitzen vereinige. Bei C, Fig. 1, erscheint nun der hellleuchtende Krater der Kohle. An diesem Punkte stelle

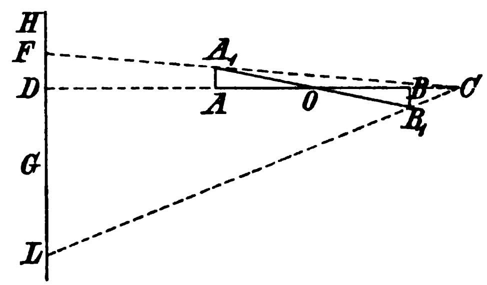


Fig. 1.

Fig. 2.

---

[1]) Man vergleiche hierzu die Aufgabe von Longinescu im 1. Heft dieses Jahrgangs Anm. d. Red.

ich einen Schirm mit kreisrundem Diaphragma auf. Auf dem Schirm GH erscheint alsdann ein Lichtkreis und in demselben der Schatten einer Stricknadel, welche ich an dem bekannten Weinholdschen Pendel statt des Pinsels angebracht habe. Auf dem Schirm habe ich mit ein paar Zwicken einen schmalen Streifen schwarzen Papiers von Breite des Schattens (selbstredend in Vertikalstellung) befestigt. Den Schirm stelle ich so, dass der Schatten der Stricknadel und die schwarze Marke sich genau decken. Wenn ich nun mit grosser Genauigkeit das Pendel vor Torsion beim Abziehen schützen will, so stelle ich noch einen senkrechten Draht zwischen C und B, so dass auch sein Schatten auf die Marke fällt. Dieser Hilfsdraht wirft nun auch auf die Pendelkugel seinen Schatten, den ich mit einem Kreidestrich bezeichne. Dann ziehe ich das Pendel in bekannter Weise ab, sorge, dass der Schatten der Stricknadel wieder auf die Marke fällt, drehe die Kugel, bis der Schatten des Hilfsdrahts auf dem Kreidestrich liegt, entferne den Hilfsdraht, beruhige das Pendel und brenne den Faden durch. Der Schatten der Stricknadel steigt nun zunächst auf der Marke auf und ab, beginnt jedoch nach links alsbald grössere, nach rechts kleinere Abweichungen von der Marke zu zeigen. Hin- und Rückgang lassen sich auch an der wechselnden Breite des Schattens leicht unterscheiden. Kommt es mir auf grosse Schärfe an, so nehme ich ein Diaphragma, wie es bei Beugungsversuchen üblich ist; ich erhalte dann einen kleineren Lichtkreis und muss das Zimmer abdunkeln. Die Schatten aber werden sehr scharf, umsäumt von einem Beugungsphänomen. Für gewöhnlich benutze ich eine kreisförmige Öffnung von $2^1/_2$ mm Durchmesser. Die Schatten — zumal links — werden dann freilich weniger scharf; ich erhalte aber einen grossen Lichtkreis und kann den Versuch bei gedämpftem Tageslicht machen. Wer keine elektrische Lampe hat, wird sich natürlich weiterer Öffnungen bedienen und die daraus hervorgehenden Mängel in den Kauf nehmen müssen. Mein Pendel hat nur ca. $4^1/_4$ m Länge. Ich kann jedoch ganz gut $CB = 10$ cm und $CD = 450$ cm nehmen, was in der That annähernd so von mir ausgeführt ist. Dann erscheint die Seitenabweichung des Pendels 45fach vergrössert, was sonst nur mit einem Pendel von $4^1/_4 \times 45 =$ ca. 190 m Länge erreicht werden könnte.

Das Edelmannsche Projektionsverfahren[2]) habe ich nicht erprobt. Jedenfalls erfordert dasselbe einen grösseren Aufwand an Apparaten; auch genügt das vorbeschriebene Verfahren vollständig, um die scheinbare Pendelabweichung binnen 10 Sekunden hervortreten zu lassen.

Die Aufhängung des Pendels konnte nicht in der üblichen Weise ausgeführt werden, da die betreffende Stelle nur durch jedesmaligen Aufbau eines besonderen Gerüstes zugänglich war, auch eine ständige Unterbringung der gesamten Cardanischen Aufhängung nicht wohl anging, weil die unter der Decke zugeführte Heiz- und Ventilationsluft die Gefahr baldigen Verrostens nahe legte. Es ist also eine Aufziehvorrichtung angebracht, welche das Herunterlassen der ganzen Aufhängung in kurzer Frist ermöglicht. Gegenüber dem Accent, den die Bücher auf eine sichere Befestigung des Pendels unter der Decke legen, erscheint eine solche Einrichtung auf den ersten Blick bedenklich genug. Sie hat sich aber durchaus bewährt; das Pendel schwingt so regelrecht, wie ein nach gewöhnlichem Verfahren aufgehängtes nur vermag.[3])

---

[2]) *Wied. Ann. XLV 1892, S. 187.*

[3]) Bei dieser Gelegenheit möchte ich auf die grossen Vorzüge der Schattenprojektion überhaupt in der oben beschriebenen Anordnung hinweisen. Apparate und Versuche, die wegen ihrer dreidimensionalen Ausdehnung oder Grösse in gewöhnlicher Weise nicht projiziert werden können, lassen sich so mit grosser Schärfe und vor einem zahlreichen Publikum zur Anschauung bringen, z. B. die bekannten Weinholdschen Drehstromapparate, Meldes Knoten schwingender Saiten (diese nötigenfalls in beliebiger Verkürzung der über meterlangen Saite durch schräge Beleuchtung) und ähnliche Sachen erscheinen in überraschender Deutlichkeit.

Machs Pendelversuch.

Von Dr. **H. J. Oosting** in den Helder (Holland).

Dr. W. König[1]) verwendet für den Machschen Pendelversuch ein Metronom auf der unter beliebigen Winkel zu neigenden Fläche desjenigen Apparates, den man zur Demonstration der Gesetze der schiefen Ebene anwendet.



Fig. 1. Fig. 2.

Dies veranlasst mich zur Veröffentlichung zweier Abänderungen des Machschen Apparates. Der erste Apparat (Fig. 1) ist nach dem Erscheinen der Machschen Publikation[2]) entworfen und construiert worden von dem seither verstorbenen Universitätsmechaniker H. Deutgen in Groningen. Das Eigentümliche des Apparates ist, dass die Drehungsaxe gebildet wird von Messerschneiden, von denen die eine aufwärts, die andere nach unten gerichtet ist.

Vor einigen Jahren habe ich ein sehr einfaches Pendel anfertigen lassen, das auf Weinholds schiefe Ebene (Fig. 2) gesetzt werden kann. Dabei habe ich das Prinzip des ersten Apparates beibehalten. Die Drehungsaxe wird gebildet von der Linie ab (Fig. 3), welche die Spitzen a und b des gezeichneten **S**-förmigen gehärteten Eisendrahtstückes vereinigt. Die Spitzen drehen sich in Vertiefungen in der eisernen Platte PQ. Weiter besteht das Pendel aus starkem Messingdraht und einer Bleimasse.

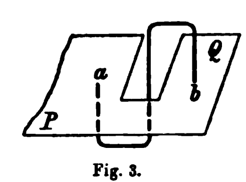


Fig. 3.

Ankermagnetismus dynamoelektrischer Maschinen.

Von **W. Weiler** in Esslingen.

Ein Anker, Ring- oder Trommelanker, wird durch die Pole NS seines Magneten (Fig. 1) so induciert, dass er diesen gegenüber die entgegengesetzten Pole ns erhält; durch seinen eigenen Strom wird er aber selbst so magnetisiert, dass die Verbindungslinie seiner Pole $N_1 S_1$ im allgemeinen senkrecht steht zur Verbindungslinie seiner vom Magneten erregten Pole ns. Aus diesen beiden Magnetisierungen setzt sich eine neue Magnetisierung $n_1 s_1$ zusammen, deren Richtung von der gegenseitigen Stärke der Pole ns und $N_1 S_1$ abhängt.

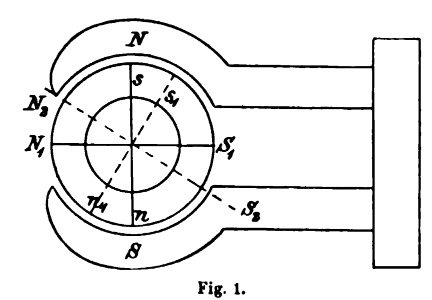


Fig. 1.

Um diese Vorgänge in einfacher, anschaulicher Weise zu zeigen, kann man in folgender Weise verfahren. Zwei gehärtete Ringe aus Stahlblech von etwa 10 cm äusseren, 6 cm innerem Durchmesser und 2 mm Dicke werden so magnetisiert, dass sie zwei Pole erhalten, dann mit weissem Papier beklebt, auf diesem die Durchmesser der neutralen Linien gezogen und jeder Halbkreis noch in vier Teile

[1]) Diese Zeitschr. *VII 84.*

[2]) Die Mechanik und Beiblätt. zu *Wied. Ann. 6*, *57*, *1882.*

geteilt; die eine Papierscheibe schneidet man etwas grösser als die andere, damit die Einteilung über diese hervorsieht.

Man siebt dann auf den einen Ring Eisenfeilspäne; diese ordnen sich, besonders deutlich im Innern des Ringes in Kurven, die von einer Polgegend zur andern sich erstrecken, also etwa senkrecht zu neutralen Durchmesser. Hierauf schüttelt und streift man die Feilspäne ab und legt beide Ringe so aufeinander, dass die neutralen Durchmesser senkrecht zu einander stehen. Die wieder aufgesiebten Feilspäne ordnen sich jetzt in der Mittellage zu den gekreuzten Durchmessern, wofern die Magnetismen beider Scheiben nahezu gleich stark sind, und die neutrale, zu den Feilkurven senkrecht stehende Linie ist um 45° verschoben. Je nach der Stellung der beiden Durchmesser zu einander ordnen sich die durch die Feilspäne angedeuteten Kraftlinien nach dem Parallelogramm der Kräfte.

Will man den Magnetismus der einen Stahlblechscheibe nicht ändern, so kommt man den Ankermagnetismen mit einem Ring aus Eisenblech noch näher (Fig. 2). Er wird mit Draht von 0,5 bis 1 mm Durchmesser in zwei Lagen bewickelt; diese können einzeln oder in Reihen geschaltet werden. In Fig. 2 ist der Ring rechts gewunden, weil der Südpol am Eintritt des Stromes induciert wird oder auch, weil die Windungen, von S_1 aus gesehen, im Sinne des Uhrzeigers laufen. Auch dieser Ring wird mit einer weissen Papierscheibe geklebt.

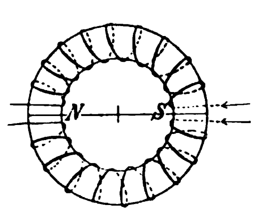


Fig. 2.

Zunächst sendet man einen Strom um den Ring und zeigt, dass die Pole wirklich auch bei N_1 und S_1 liegen. Sodann legt man ihn auf die Schenkel eines Hufeisen-Stahlmagneten, damit er die Pole n und s (Fig. 1) erhält; nach Entfernen der Eisenfeile erregt man ihn wieder durch einen Strom. Je nach der Stärke des Stromes und je nachdem man nur eine Lage oder beide Lagen in Reihenschaltung verwendet, stellen sich die Feilkurven verschieden zu der Verbindungslinie der Pole des Feldmagneten und damit verschiebt sich auch die neutrale Linie (Fig. 1) $N_2 S_2$ gegen die neutrale Linie $N_1 S_1$, die durch den Feldmagnetismus allein entstehen würde.

Um zu messenden Versuchen zu gelangen, muss man den Stahlmagneten durch einen Elektromagneten ersetzen, beide Ströme, im Magneten und Anker, in Ampère messen, die Windungszahlen beider abzählen und bei gleicher Stromstärke im Anker entweder nur eine Lage oder beide in Reihenschaltung verwenden. Man erhält dann den Satz: Für kleine Verschiebungswinkel (Fig. 1 $N_1 N_2$ oder $S_1 S_2$) muss das Verhältnis: Das Produkt aus der Stromstärke mal Windungszahl im Magneten zu dem Produkt aus der Stromstärke mal Windungszahl im Anker möglichst gross sein. Bei derselben Stromstärke ist der Verschiebungswinkel um so kleiner, je weniger Windungen der Anker enthält; man giebt ihm daher bei Lichtmaschinen möglichst wenig Windungen.

Das Fixieren des magnetischen Zustandes im Eisen.

Von **Desiderius Fényes** in Arad (Ungarn).

Der im weichen Eisen induzierte freie Magnetismus verschwindet bekanntlich nicht vollständig mit dem Aufhören der induzierenden Wirkung, sondern es bleibt unter gewissen Umständen noch eine ziemliche Quantität von remanentem Magnetismus darin zurück. Die Menge dieses remanenten Magnetismus hängt wesentlich von dem Umstande ab, dass das weiche Eisen nach dem Aufhören der Induktion keinen stärkeren mechanischen oder molekularen Erschütterungen ausgesetzt wird, da die Menge des freien Magnetismus durch die Erhaltung der Richtung der Eisenpartikelchen bedingt ist.

In ein Probierröhrchen verschlossenes und etwas zusammengedrücktes Eisenpulver zeigt bekanntlich auch nach dem Aufhören der Induktion freien Magnetismus, so lange das Pulver in der Röhre nicht durcheinander geschüttelt wird. Wenn man also das Verschieben der Eisenteilchen noch während der Magnetisierung verhindert, können die Teilchen ihre durch die Induktion erhaltene Lage nicht mehr verändern und behalten

dauernd den durch diese Lage bestimmten freien Magnetismus, d. h. sie bilden einen permanenten Magneten. Dieses Verhindern der Verschiebung gelingt dadurch, dass man das Eisenpulver mit einem anfangs weichen, später aber hart werdenden Stoffe vermischt und die so gebildete Masse, während sie hart wird, in einem magnetischen Felde verharren lässt. Solch ein Verfahren wäre z. B. das Zusammenschmelzen des Eisenpulvers mit weissem Wachs und das Auskühlenlassen dieser Masse in einem magnetischen Felde. Ein von mir vor mehr als zwei Jahren so bereiteter permanenter Magnet ist heute noch von unveränderter Stärke.

Man arbeitet aber viel bequemer mit feinem Gipspulver, welches, beiläufig in gleichem Volumverhältnis, in das feine Eisenpulver gemischt wird. Es können in dieser Weise die compliziertesten magnetischen Felder bequem und dauernd kopiert und vervielfältigt werden, indem man die Masse bis zu ihrem Hartwerden im magnetischen Felde verharren lässt. Man besitzt in diesem Verfahren ein Mittel, um einzelne Partieen des magnetischen Feldes vereinzelt abzugiessen und diese, wenn auch nicht in ihrer anfänglichen Intensität, doch aber in der Verteilung des freien Magnetismus nach beliebiger Zeit immer untersuchen zu können.

Kurze, leicht bewegliche Magnetnadeln sind zu einer solchen Analyse der Richtung und des Vorzeichens sehr geeignet, und wenn die Kopien im Felde eines kräftigen Elektromagnets erzeugt wurden, lassen sich sogar die Kraftlinien mittels Eisenfeilspähnen sehr schön darauf abzeichnen. Damit in dieser Weise bloss die „Coërcitivkraft“ des Klebstoffes zum Ausdruck gelange, benutzte ich zu meinen Versuchen chemisch reines, sehr feines Eisenpulver.

Das Eisenpulver, welches bei so feiner Verteilung und vielleicht auch angeregt von der geringen Wärme, welche durch das Aufnehmen des Krystallwassers vom Gipspulver entwickelt wird, eine starke Oxydation erleidet, erzeugt dabei eine beträchtliche Verbrennungswärme. (Die Oxydation findet nicht statt, so lange die Masse in einem Glasgefäss, wo sie auch magnetisiert wurde, gut verschlossen bleibt.) Solch eine Masse kann zu den Glühstoffen gerechnet werden; ein etwa 300 g schweres Stück fing an, ungefähr 12 Stunden nach dem Vermischen warm zu werden und mit einem Thermometer in Flanell gewickelt zeigte es ungefähr 5 Stunden lang eine Temperatur von 80° C., wobei das Eisen sich nahezu vollständig in Oxyde, allerdings auch in Rost (circa 2 mm tief von der freien Oberfläche gerechnet) verwandelte. Diese Oxydation ist indessen für den von nun an permanenten freien Magnetismus von keiner wesentlichen Bedeutung; es werden ja selbst die natürlichen Magneterze von Oxyden des Eisens gebildet.

Schülerversuche zur Demonstration einiger Eigenschaften des Wasserstoffgases.

Von **H. Rebenstorff** in Dresden.

1. Das Aufsteigen eines leichten Gases, besonders von Wasserstoff, in einem schwereren lässt sich mit Hilfe von Salmiaknebeln folgendermaassen sichtbar machen. Ein grosses Becherglas werde durch ein festzubindendes Blatt Schreibpapier, in dessen Mitte eine kleine Öffnung von etwa 1 cm Durchmesser geschnitten ist, überdeckt und umgekehrt auf einen Ring des Stativs gestellt. Mit Hilfe einer etwas Ammoniak enthaltenden Waschflasche wird in das Becherglas ammoniakhaltige Luft eingeblasen. Der Wasserstoff wird durch einen Schlauch zugeführt, welcher am einen Ende mit einer kleinen, zur Spitze ausgezogenen Glasröhre versehen ist; der vom Entwicklungsapparat eben losgelöste Schlauch werde an beiden Seiten zugehalten, die Spitze der Glasröhre in Salzsäure getaucht und dann unter die Öffnung des Becherglases gehalten. Man kann nun an dem U-förmig gehaltenen Schlauch zweckmässig das Prinzip des Wasserstoffhebers erläutern; denn nur bei geeignetem Verhältnis der beiden Schenkel zeigt sich im Becherglas das kerzengerade Emporsteigen der salmiakhaltigen Wasserstoffsäule. — Stülpt man über das äussere Schlauchende einen Cylinder mit Wasserstoff, so kann man den-

selben vollständig in das Becherglas hinein entleeren. Man kann dem Schüler die Frage zur experimentellen Behandlung vorlegen, ob der Heber das Gas aus dem Cylinder in das Becherglas überführt, wenn der Schlauch mit Luft erfüllt ist, und in welcher Weise ein Ansaugen des Hebers möglich ist.

2. Das Emporsteigen erwärmter Luft sieht man sehr deutlich, wenn man in das wie beim vorigen Versuche aufgestellte Becherglas einen Glasstab einführt, welcher einige Zeit hindurch in heisser Salzsäure stand. Zur experimentellen Behandlung durch einen Schüler eignet sich die Frage, ob solche Luftströmungen in Wasserstoff schneller oder langsamer als in atmosphärischer Luft erfolgen. Zum Vergleiche lässt man zwei Bechergläser in der vorhin beschriebenen Weise vorbereiten. Das eine wird durch Einleiten aus einer bis auf den Boden eingeführten Glasröhre mit Wasserstoff gefüllt und schliesslich dieses Gas ammoniakhaltig gemacht, indem man in die Leitung zwischen Gasentwicklungsflasche und Becherglas die mit Salmiakgeist beschickte Waschflasche einschaltet. Statt der Bechergläser lassen sich gut gewöhnliche Glasflaschen mit weiter Öffnung verwenden, welche in den Stativringen überdies sicherer stehen. In einem zum Teil mit Salzsäure gefüllten Probierglase, welches über einer kleinen Flamme oder im Wasserbade sich befindet, stehen zwei Glasstäbe, welche aufsteigende Luftströme hervorrufen, sobald sie in die mit den ammoniakhaltigen Gasen erfüllten Gefässe eingeführt werden. Der Versuch ergiebt, dass das Emporsteigen im Wasserstoff viel langsamer stattfindet als in atmosphärischer Luft. Oft steigen dort die Salmiaknebel nur einige Centimeter hoch, während sie in der atmosphärischen Luft sich stets erst am Boden des Gefässes zerteilen.

3. Auch Diffusionserscheinungen lassen sich mit Hilfe von Salmiaknebeln gut sichtbar machen. Zu dem folgenden Versuche ist jedoch die Anwendung von Cigarrenrauch vorzuziehen. Es ist bekannt, dass man einen deutlich wahrnehmbaren Strom erwärmter Luft erhält, wenn man ein Glasgefäss umgekehrt auf ein Blatt Papier stellt, unter Anheben des Glases auf der einen Seite einen ganz langsamen Rauchstrahl einbläst, das Glas wieder senkt und nach dem Emporheben von unten her dem verschliessenden Papierblatte das brennende Ende der Cigarre nähert. Eine Bodenschicht sehr dichten Rauches erhält man vollkommener auf folgende Weise. Ein Glasgefäss (geschliffenes Trinkglas) mit ebenem Rande wird auf ein mehrfach zusammengelegtes trockenes Tuch aufrecht hingestellt. Ohne das Glas anzufassen — man würde es sonst einseitig erwärmen — bläst man aus einem weiten Schlauch von etwa 15 cm Länge, den man bis auf den Boden einsenkt, einen möglichst langsamen Rauchstrom hinein, welcher eine 2 bis 3 cm hohe Bodenschicht bilden wird. Man bedeckt, nachdem der Schlauch langsam entfernt wurde, das Glas mit einem Blatte Schreibpapier, legt ein Brett oder ein dünnes Buch darauf und wendet nun, indem man die eine Hand oben auflegt, die andere unter das Tuch führt, das Glas ganz langsam um, wobei es gleichzeitig durch die unten zugreifende Hand emporgehoben wird. Geschieht das Umdrehen in 5 bis 10 Sekunden, so bedeckt der Rauch in dicker, undurchsichtiger Schicht, deren oberste Regionen ein wenig farbig erscheinen, nur den Bodenteil des Luftraums. Man schiebt nun Glas samt Papier vorsichtig von dem Brette auf den Ring des Stativs oder besser auf einen recht ebenen Kreisring aus Blech, den man auf einen Stativring stellt. Mit Hilfe des so vorgerichteten Glases lässt sich in auffallender Weise die Diffusion von Wasserstoff durch Schreibpapier demonstrieren. Lässt man nämlich gegen das verschliessende Papier Wasserstoff strömen, so erhebt sich sofort über der betreffenden Stelle ein dichter Rauchstrom und in wenig Augenblicken ist die ganze am Boden lagernde Rauchmasse zum Aufströmen gebracht. Dass Wasserstoffgas leicht Fliesspapier durchdringt, kann man bekanntlich dadurch sichtbar machen, dass man es über einem Blatte dieser Papiersorte anzündet, wenn man es von unten dagegen ausströmen lässt. Aber auch ziemlich dicht erscheinendes Papier wird leicht durchdrungen. Um eine überall in gleicher Beschaffenheit vorkommende Papiersorte zu verwenden, benutzte ich auch eine deutsche Reichspostkarte mit bestem

Erfolge. Ein besonders dünnes Brett vom Boden eines Cigarrenkistchens liess dagegen Wasserstoff nicht hinreichend hindurch, um einen aufsteigenden Rauchstrom hervortreten zu lassen. Ein Stück unbenutzten Stanniols, zwischen Glas und Postkarte liegend, zeigte einen geringen Grad von Durchlässigkeit. Der Wasserstoff wölbte den Rauch zu einer schön gerundeten Kuppe langsam empor. Vielleicht bietet der Versuch ein einfaches Mittel, Stanniolsorten auf einen grösseren oder geringeren Grad von Porosität zu prüfen.

Für die Praxis.

Zur Dioptrik. Von K. Fuchs in Pancsova. 1. Vor Allem empfehle ich eine viereckige pneumatische Wanne. In das Wasser schüttet man einige Tropfen rote Tinte (Metallrot). Die Bahn der Lichtstrahlen (Sonnenlicht) erscheint dann in der roten Flüssigkeit scharf gezeichnet leuchtend grün. Wenn man an die Wand der Wanne eine (etwa planconvexe) Sammellinse legt und das Licht horizontal einfallen lässt, dann sieht man in der Flüssigkeit den Strahlenkegel leuchtend grün.

2. An eine Langseite stellt man im Innern der Wanne eine weiss angestrichene Blechtafel. Auf derselben kann schwarz ein geteilter Kreis gemalt sein und in ihm ein vertikaler Durchmesser. Wenn man nun die Wanne zur Hälfte (eventuell bis zur Mitte des Kreises) mit Wasser füllt und schräg über eine Schmalseite Licht einfallen lässt, dann zeichnet auf der weissen Wand der Schatten der Schmalseite die Richtung der einfallenden Strahlen. Die Grenze des beleuchteten grünen und des unbeleuchteten roten Wassers giebt die Richtung der gebrochenen Strahlen.

3. Auf den Boden der Wanne legt man eine ihm gleiche weisse Blechtafel, auf der den Schmalseiten parallel schwarze Linien, etwa im Abstand von je 1 cm, gezogen sind. Über eine Schmalseite der leeren Wanne lässt man Licht fallen und bemerkt den Strich, bis zu welchem der Schatten reicht. Nun giesst man langsam Wasser zu. In dem Maasse, als der Spiegel des Wassers sich hebt, weicht der Schatten auf dem Boden zurück, von Strich zu Strich. Die Grenze von Grün und Rot giebt überdies die Richtung der gebrochenen Strahlen.

4. Man nimmt eine grössere Krystallisierschale und legt auf deren Boden eine weisse Blechscheibe. Das Ganze stellt man auf ein weisses Brett; es ist gut, wenn in dieses die Schale so weit versenkt werden kann, dass die Ebene der Blechscheibe und des Brettes in ein Niveau fallen. Nun lässt man auf die mit Wasser gefüllte Schale von der Seite her fast horizontal einen Strahl fallen. Die Entstehung des Regenbogens lässt sich dann sehr schön zeigen. Die Bahn des Strahles im Wasser zeichnet sich scharf auf dem Blechboden; man sieht klar die Convergenz resp. Divergenz des Strahlenbündels sowie die Dispersion; auf der äusseren Ebene zeigt sich der bei der Reflexion austretende Teil des Lichtbündels.

5. Man nimmt einen Glasblock, eine Glassäule, deren Basis dem Querschnitt einer Linse gleicht, und legt ihn auf eine weisse Ebene. Er stellt dann einen Linsenquerschnitt dar. Wenn man einen Lichtstrahl (eventuell volles Licht) fast horizontal auffallen lässt, zeichnet sich auf der Ebene der einfallende und der gebrochene Strahl, eventuell der Kegel hinter der Linse. Es ist gut, wenn die Basis des Glasblockes matt ist.

Krystallbildungen. Von W. Weiler. Man löst Bittersalz in Bier auf und übergiesst mit der Lösung eine reine Glasplatte; nach einigen (2 bis 3) Stunden bilden sich darauf zarte Krystalle aus, weit schöner als aus der wässerigen Lösung. Von den Ansatzpunkten aus ziehen sich nach allen Seiten feine Strahlen, die Strahlengebilde sind durch hyperbelartige Linien geschieden, so dass die Strahlenpunkte als Brennpunkte der Grenzlinien erscheinen. Sehr schön, ähnlich wie bei Harnstoffsalzen, sieht man bei gehöriger Geduld diese zarten Strahlen im Skioptikon anschiessen.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Versuche zum Boyleschen und Gay-Lussacschen Gesetz. In der Sitzung der Royal Dublin Society am 17. Januar 1894 führte J. Joly folgende einfache Versuche aus: Eine gleichmässige, ein Meter lange Röhre, die an einem Ende geschlossen war, wurde lotrecht mit letzterem Ende nach unten aufgestellt und ein bestimmter Luftraum v_1 darin durch eine kurze Quecksilbersäule abgesperrt. Die Länge der letzteren vermehrt um den Barometerstand ergab den Druck p_1. Die Luft wurde nun weiter mit Quecksilber belastet und v_2 und p_2 gemessen. Er erhielt recht genaue Ergebnisse. Um die Ausdehnung der Luft durch die Wärme zu bestimmen und die Bedeutung des absoluten Nullpunkts darzuthun, wurde das untere Ende der Röhre in schmelzendes Eis gestellt und solange Quecksilber hinzugefügt, bis die Luft 273 mm einnahm, dann wurde sie in eine langhalsige Flasche mit kochendem Wasser eingetaucht. Die Luftsäule stieg nun bis 373 mm. (*Nature 15. Febr. 1894.*)

Ein von W. Rheam in der *Nature* (8. März 1894) für denselben Zweck angegebenes Verfahren stimmt mit dem früher von F. Melde veröffentlichten (d. Zeitschr. *I 168*) überein. Eine ebd. beschriebene Vorrichtung, um die Druckänderung eines Gases durch Wärme bei unverändertem Volumen zu messen, hat keine Vorzüge vor Fr. C. G. Müllers Luftthermometer (d. Zeitschr. *I 102*). *H. H.-M.*

Ein Jod-Voltameter. Von Herroun (*Electrical Review 36, 680; 1895*). Die bei den Silber- und Kupfervoltametern erforderlichen Wägungen der Elektrode will Herroun dadurch vermeiden, dass er als Elektrolyt eine 10 bis 15prozentige Lösung von Zinkjodid verwendet und die durch den Strom ausgeschiedene Jodmenge durch Titrieren mit einer Natriumhyposulfitlösung bestimmt. Auf dem Boden eines engen hohen Cylinders liegt die Anode aus Platinblech, deren Zuleitungsdraht in eine Glasröhre eingeschmolzen ist. Als Kathode dient ein amalgamierter Zinkstab, der mit Fliesspapier oder mit Pergamentpapier umwickelt ist, um das Herabfallen von Metallteilen zu verhüten. Statt des einfachen Cylinders lässt sich auch ein U-förmig gebogenes Glasrohr verwenden, in dessen Biegung Asbestpfropfen eingeschoben sind. In den einen Schenkel des U-Rohres taucht die Platinanode, in den anderen die Kathode aus amalgamiertem Zink. Das während des Stromdurchganges an der Anode ausgeschiedene Jod sammelt sich an derselben an, ohne zur Kathode hindurchzudringen. Nach Abstellen des Stromes wird die Zinkkathode entfernt, die Flüssigkeit umgerührt und mit einer Lösung von 12,8375 g krystallisiertem Natriumhyposulfit in 1 l Wasser titriert, von der 1 ccm mit der durch 5 Coulomb ausgeschiedenen Jodmenge äquivalent ist. Das Jodvoltameter eignet sich nur für schwache Ströme; bei 9 qcm Elektrodenfläche darf der Strom 0,1 Ampère nicht überschreiten. Die Zinkjodidlösung lässt sich aufbewahren, wenn man, um die freiwillige Jodausscheidung zu verhindern, einige Stücke metallisches Zink in die Flüssigkeit hineinwirft. *H. R.*

---

2. Forschungen und Ergebnisse.

Zur Erklärung des Alpenglühens. Auf der vorjährigen Versammlung der schweizer Naturforscher in Schaffhausen gab J. Amsler-Laffont eine Erklärung, die sich dem thatsächlichen Vorgang des zwei-, selbst dreimaligen Erglühens anschliesst, und auch über die Unterschiede im Glanze der Erscheinung sowie über die Zeitpunkte ihres Auftretens Aufschluss giebt. Amsler sah von Rigi-Scheidegg aus die Sonne an einem vollständig klaren Horizonte untergehen. Nach einigen Augenblicken erhob sie sich wieder, — wenn auch schwächer leuchtend, bis die ganze Scheibe sichtbar war und ging nach etwa zehn Minuten zum zweiten Male unter. Kurz darauf erschien sie zum dritten Male, so dass etwa $^3/_4$ ihrer Scheibe wieder sichtbar wurden, bis dann schliesslich gewissermaassen ein dritter Sonnenuntergang folgte. Ein Beobachter im Thal hätte also bei dieser Gelegenheit den Gipfel des Rigi noch zweimal wieder von den Sonnenstrahlen beleuchtet gesehen, ähnlich wie beim Alpenglühen die Bergspitzen wieder rosig erglänzen. Amsler deutet

die Erscheinung in folgender Weise: Bei ruhigem Wetter und heiterem Himmel nimmt die Temperatur und die Feuchtigkeit der Luft mit der Erhebung über den Boden ab, daher muss der Brechungsindex der Luft von unten nach oben zunehmen. Die Sonnenstrahlen verfolgen demnach kurz vor dem Untergang eine nach oben gekrümmte Bahn und erreichen die Bergesgipfel nicht mehr, obwohl für diese die Sonne noch über dem Horizonte steht; dies setzt der ersten Färbung ein Ende. Sobald nun die tieferen Luftschichten nicht mehr von den Sonnenstrahlen durchzogen werden, kühlen sie sich ab, und diese Abkühlung wirkt bis zu den durchleuchteten Schichten in die Höhe. Die Brechbarkeit der Luft wird gleichmässiger und kann sogar in umgekehrtem Sinne wie vor Sonnenuntergang sich von unten nach oben ändern, so dass die Strahlen geradlinig durchgehen oder selbst nach unten gebrochen werden und die Bergspitzen zum zweiten Mal erleuchten. Schliesslich können die in der unmittelbaren Berührung mit dem Erdboden warm gebliebenen Luftschichten in die Höhe steigen und dort den Brechungsindex vermindern, so dass die Strahlen wieder stark nach unten gekrümmt werden und ein drittes Erglühen der schneebedeckten Gipfel veranlassen. Amsler findet durch Rechnung, dass ein Temperaturunterschied von 7,5° auf 100 m Erhebung über dem Erdboden hinreicht, um die Sonnenstrahlen einen Bogen beschreiben zu lassen, dessen Krümmung der der Erdoberfläche gleich ist. Die Strahlen der etwa am Horizont von Bordeaux noch eben sichtbaren Sonne treffen so die Alpen noch einmal, freilich stark geschwächt und fast ganz der blauen Strahlen beraubt, so dass die Gipfel in mattem Rot erglänzen. (*Arch. des sc. phys. et nat. s. III. t. 32, 278, 1894;* vgl. *Himmel und Erde April 1895; Naturw. Rundschau 1895, No. 4.*)

Die Synthese des Caffeins. Von Emil Fischer und Lorenz Ach (*Sitzungsber. der Berliner Akademie XIV 1895, 14. März*). Obgleich man die Ähnlichkeit der Harnsäure mit dem Xanthin und Caffein längst erkannt hatte, waren die bisherigen Versuche, den Übergang von der Säure zu den beiden Basen zu finden, erfolglos. Wegen der Wichtigkeit, welche die Xanthinbasen für die physiologische Chemie besitzen — als wesentlicher Bestandteil der Nucleine (Kossel, Ztschr. f. physiol. Ch. *III*, *284* und *IV, 290*) — nahmen die oben genannten Forscher die Arbeiten wieder auf. Erst auf Umwegen, und zwar dadurch, dass es gelang, die bisher unbekannte Dimethylharnsäure, welche die beiden Methylgruppen im Alloxankern enthält, darzustellen, wurde das Ziel erreicht. Letztere liess sich nämlich in Dimethylxanthin umwandeln, das aber nichts anderes ist als Theophyllin, welches Kossel (a. a. O. 13, 298) im Thee aufgefunden und in Caffein übergeführt hat.

Die totale Synthese des Caffeins zerfällt demnach in folgende Phasen: 1) Dimethylharnstoff und Malonsäure vereinigen sich zu Dimethylmalonharnstoff; 2) Aus letzterer entstehen ein Nitrosokörper, dann das Dimethyluramil und endlich die Dimethylpseudoharnsäure; 3) letztere gelang es nun mittels schmelzender Oxalsäure (welche hier zugleich lösend und wasserentziehend wirkt) in Dimethylharnsäure überzuführen:

$$\begin{array}{l} CH_3 \,.\, N - CO \\ \quad | \qquad\ \ | \\ \ \ CO \quad CH \,.\, NH \,.\, CO \,.\, NH_2 \\ \quad | \qquad\ \ | \\ CH_3 \,.\, N - CO \end{array} = \begin{array}{l} CH_3 \,.\, N - CO \\ \quad | \qquad\ \ | \\ \ \ CO \quad C - NH \\ \quad | \qquad\ \ \| \qquad\ \ \rangle CO \\ CH_3 \,.\, N - C - NH \end{array} + H_2O$$

Dimethylpseudoharnsäure — Dimethylharnsäure

4) Letztere wird in Theophyllin übergeführt, dessen Verwandlung in Caffein längst bekannt ist

$$\begin{array}{l} CH_3 \,.\, N - CH \\ \quad | \qquad\ \ \| \\ \ \ CO \quad C - NH \\ \quad | \qquad\ \ | \qquad\ \ \rangle CO \\ CH_3 \,.\, N - C = N \end{array} \qquad\qquad \begin{array}{l} CH_3 \,.\, N - CH \\ \quad | \qquad\ \ \| \\ \ \ CO \quad C - N \,.\, CH_3 \\ \quad | \qquad\ \ | \qquad\ \ \rangle CO \\ CH_3 \,.\, N - C = N \end{array}$$

Theophyllin — Caffein.

Die Verfasser sind der Ansicht, dass die Synthese einen praktischen Wert vorläufig nicht beanspruchen könne, da die Zahl der Operationen zu gross und das Verfahren zu kostspielig ist, doch würde sich die Frage anders gestalten, wenn es gelänge, die Harnsäure selbst so zu methylieren, dass beide Methyle in den Alloxankern eintreten; es sei nicht ausgeschlossen, dass sich dereinst die Industrie der Caffeinsynthese bemächtigen werde. *O.*

Elektrische Messung des Sternenlichtes. Von Minchin (*Electrician 35, 203; 1895*). Die vor einiger Zeit von Minchin construierte photoelektrische Zelle (siehe d. Ztschr. *VIII 99*) besteht aus einem mit Aceton gefüllten Glasröhrchen, das zwei Aluminiumelektroden enthält, von denen die eine von einer dünnen Selenschicht bedeckt ist. Durch Bestrahlung der Selenschicht entsteht an der Berührungsfläche zwischen Selen und Flüssigkeit eine elektromotorische Kraft, so dass das mit Selen bedeckte Aluminiumblatt eine positive, die Flüssigkeit, also auch die blanke Aluminiumelektrode, eine negative Ladung erhält. Die positive Ladung der Selenelektrode kann an einem Elektrometer nachgewiesen werden, wenn die negative Elektrode der Zelle zur Erde abgeleitet wird. Durch Verwendung einer besser geeigneten Flüssigkeit, nämlich des aus dem Ricinusöl durch Destillation gewonnenen Oenanthols hat Minchin diese Zelle so empfindlich gemacht, dass sie sich zur Messung der Lichtstärke von Fixsternen und Planeten verwenden lässt. Eine Prüfung der Selen-Aluminiumzelle im Spektrum des Drummondschen Kalklichtes hat gezeigt, dass die Zelle eine über das ganze sichtbare Spektrum vom äussersten Rot bis über das Violett hinaus sich erstreckende fast constante Empfindlichkeit besitzt, deren Maximalwert im gelben Teil des Spektrums liegt. Zur Messung der Strahlung der Sterne wurde die photoelektrische Zelle in ein Newtonsches Teleskop an die Stelle des Okulars eingesetzt, die nicht empfindliche blanke Elektrode der Zelle mit der Erde, die empfindliche Selenelektrode durch einen gut isolierten Kupferdraht mit einem Quadrantelektrometer verbunden, das in einem getrennten Raume aufgestellt war. Die Quadranten des Elektrometers bestanden aus Aluminiumblech; zwei gegenüber liegende Quadranten ruhten auf Messingfüssen, die zugleich die leitende Verbindung mit dem Gehäuse also mit der Erde herstellten, die beiden anderen Quadranten wurden von Säulen aus geschmolzenem Quarz getragen und somit auf die vollkommenste Weise isoliert. Die Empfindlichkeit dieses Elektrometers war so gross, dass ein Leclanchéelement bei 2 m Skalenabstand eine Ablenkung von 530 mm hervorbrachte. Die auf die Selenschicht fallende Strahlung ist dem Quadrate der erzeugten elektromotorischen Kraft proportional; das Verhältnis der von zwei verschiedenen Sternen ausgestrahlten Energien lässt sich daher aus den entsprechenden Ablenkungen der Elektrometernadel und den Entfernungen, d. h. den Parallaxen der beiden Sterne berechnen. Es wurden zunächst nur die Sterne Regulus, Arcturus, η Bootis und der Saturn untersucht. Die Messungen ergaben für Regulus die Elektrometerablenkung 4,75 mm, für Arcturus 8,00 mm. Wird die Parallaxe des Regulus zu 0,093″, die des Arcturus zu 0,018″ angenommen, so folgt, dass Arcturus $75^3/_4$ mal so viel Energie in den Raum ausstrahlt als Regulus. Für η Bootis ergab sich eine Elektrometerablenkung von etwa 1 mm, der 0,0028 Volt entsprechen, so dass auch ein verhältnismässig lichtschwacher Stern eine messbare elektromotorische Kraft in der Zelle hervorruft. Saturn lieferte die Ablenkung 3,25 mm. Ein Vergleich dieser Messungen mit dem photometrisch bestimmten Helligkeitsverhältnis von Regulus und Arcturus zeigte eine gute Übereinstimmung beider Zahlen. *H. R.*

---

3. Geschichte.

Die Erfindung des Telephons. Prof. Hughes hielt bei dem Festessen der National Telephone Co. in London am 15. März eine Rede, in der er einige interessante Mitteilungen zur Geschichte des Telephons machte. Er erwähnte, dass die erste theoretische Beschreibung eines vollständigen elektrischen Telephons sich in Du Moncel, Exposée des

Applications, Paris 1854 findet. Sie lautete: „Wenn man nahe einer beweglichen Platte spricht, welche hinreichend biegsam ist, um auf alle Schwingungen der Stimme reagieren zu können, und derart angeordnet ist, dass sie den Strom einer Batterie abwechselnd schliesst und unterbricht, dann kann man an einer entfernten Stelle eine andere Platte dahin bringen, gleichzeitig dieselben Schwingungen auszuführen.“ Leider führte der Urheber dieses Gedankens, der Franzose Charles Bourseul, ihn nicht wirklich aus. „Es sind, fuhr Hughes fort, jetzt ungefähr 30 Jahre her, dass ich meine ersten Versuche mit einem wirklichen Telephon anstellte; es war im Jahre 1865, zu welcher Zeit ich mich in St. Petersburg aufhielt, um mit der russischen Regierung einen Vertrag wegen meines Drucktelegraphen abzuschliessen, als ich aufgefordert wurde, vor dem Kaiser Alexander II, der Kaiserin und dem ganzen Hofe in Zarskoe Sselo einen Vortrag über Telegraphie zu halten; ich that dies; da ich aber wünschte, dem Kaiser nicht nur meinen eigenen Telegraphenapparat, sondern auch die letzte Neuheit auf diesem Gebiete vorzuführen, so sandte mir Professor Philipp Reis in Friedrichsdorf sein neues Telephon nach Russland, durch das ich in den Stand gesetzt wurde, alle musikalischen Töne vollkommen klar zu senden und zu empfangen, ebenso einige wenige gesprochene Worte. Die Übertragung der letzteren war indessen höchst unsicher, denn zu Zeiten wurde ein Wort sehr klar übermittelt, dann aber hörte plötzlich ohne ersichtlichen Grund die Übertragung vollständig auf. Das wundervolle Instrument beruhte auf der richtigen Theorie des Telephons und enthielt alle die notwendigen Teile, um es praktisch zu gestalten. Der unglückliche Erfinder starb 1874 fast unbeachtet, arm und verkannt, aber die deutsche Regierung war seitdem bestrebt, ihm Gerechtigkeit widerfahren zu lassen, indem sie ihn als ersten Erfinder anerkannte und ihm ein Denkmal auf dem Friedhof in Friedrichsdorf errichtete.“

Hughes konnte sich zunächst nicht weiter mit der Erfindung von Reis befassen, da ihn sein Drucktelegraph vollauf in Anspruch nahm. Erst nachdem 1877 ein Bell-Telephon nach England gekommen war, fing er wieder an, sich mit telephonischen Versuchen zu beschäftigen. Er fand, dass das Bell-Telephon als Empfänger ganz ausgezeichnet war, hingegen als Sender nur mangelhaft arbeitete, da die erzeugten Ströme zu schwach waren, um auf grössere Entfernung zu wirken. Dies veranlasste ihn, das Verfahren von Reis wieder aufzunehmen, bei welchem eine besondere Batterie verwendet wurde, die durch die Bewegung eines Diaphragmas beeinflusst wurde. Zahlreiche Versuche auf dieser Grundlage führten Hughes schliesslich zur Erfindung des Mikrophons. In der Maisitzung der Royal Society 1878 hielt Hughes einen Vortrag, in dem er seine Erfindung veröffentlichte und die Welt mit einer neuen nutzreichen Vorrichtung bereicherte, ohne für sich die Vorteile zu beanspruchen, welche dem Erfinder gewöhnlich zustehen. Diese wichtigen Ausführungen von Hughes lassen von neuem die Bedeutung der Arbeiten von Reis hervortreten. (*E. T. Z. XVI 244, 1895.*)

4. Unterricht und Methode.

Elektrostatik. Versuch einer elementaren, auf Experimente gegründeten Darstellung ihrer Hauptlehren. Von Dr. F. Bohnert. Progr.-Abh. der Realschule vor dem Holstenthore zu Hamburg, Ostern 1895. Progr.-No. 759. 32 S. Der Verfasser bietet eine an die neueren namentlich in dieser Zeitschrift erschienenen Arbeiten anschliessende Darstellung der Elektrostatik, wobei jede Rechnung vermieden, dagegen auf scharfe Fassung und anschauliche Entwicklung der Begriffe die grösste Sorgfalt verwendet ist. Von Apparaten benutzte der Verfasser besonders das Kolbesche Elektrometer mit Aichungsskala und bediente sich bei allen Versuchen zur Projektion eines Skioptikons mit Auerschem Glühlicht.

Der Stoff ist in folgende Abschnitte gegliedert: *A.* Grundthatsachen; *B.* Elektroskop und Elektrometer; *C.* Mit Elektroskop und Elektrometer zu beobachtende Thatsachen und Gesetze; *D.* Die Beziehungen zwischen Potential, Ladungsmenge und Ka-

pazität eines Leiters; *E.* Apparat zur Erzeugung grösserer Ladungsmengen und höherer Potentiale auf Leitern; *F.* Zweite Erweiterung des Potentialbegriffs. Es sind 76 Versuche beschrieben und im Verlauf derselben 16 Definitionen und 25 Gesetze entwickelt.

In *A* wird die elektrische Erregung durch Reibung, die Unbeständigkeit des elektrischen Zustandes, die Übertragbarkeit des Zustandes durch Berührung und der Unterschied von Leitern und Nichtleitern behandelt. Für den letzteren Zweck wäre wohl der Gebrauch eines Elektroskops vorzuziehen, da die Versuche dadurch bequemer, mannichfaltiger und eindringlicher werden. Auch wird die Unabhängigkeit der „Masse" eines Körpers von seinem elektrischen Zustande durch Wägen eines Hartgummistabes vor und nach dem Reiben demonstriert; hierdurch wird indessen nur die Unveränderlichkeit des Gewichtes dargethan. [Einem imponderablen Fluidum würde immer noch Masse zugesprochen werden dürfen, obwohl diese durch Wägung nicht nachweisbar wäre.]

In *B* wird das Potential zunächst nur als Zustand des Elektroskops eingeführt, dann durch eine besondere Definition (5) festgesetzt, dass das am Elektrometer durch leitende Berührung einer Stelle des Leiters erzeugte Potential das am Elektrometer gemessene Potential dieser Stelle des Leiters genannt werden solle; danach erst wird in Definition 6 ausgesprochen: das am Elektrometer durch leitende Berührung irgend einer Stelle des Leiters *L* erzeugte Potential soll das am Elektrometer gemessene Potential des Leiters *L* genannt werden. Für die genauen Versuche wird das Elektrometer mit einem metallischen fast geschlossenen Hohlkörper verbunden und der so erzeugte Apparat als „vollständiges Elektrometer" bezeichnet. Es wird nachgewiesen, dass das Potential, das durch im Hohlkörper befindliche elektrische Körper erzeugt wird, von den Dimensionen dieser elektrischen Körper unabhängig ist und dass in diesem Falle der elektrische Zustand völlig auf das Elektrometer übertragen wird. Statt Elektrizitätsmenge wird die Bezeichnung „elektrische Ladungsmenge" eingeführt; die am vollständigen Elektrometer beobachteten Potentiale werden nicht mehr als am Elektrometer gemessene Potentiale der Leiter, sondern (in Definition 9) als „am Elektrometer gemessene Potentiale von Ladungsmengen" bezeichnet. Späterhin wird auch Gebrauch von der „Hypothese" der Erhaltung der Elektrizität gemacht, wonach elektrische Ladungsmengen weder geschaffen noch vernichtet werden können und jede Veränderung elektrischer Zustände nur eine Folge veränderter Verteilung der einmal vorhandenen elektrischen Ladungsmengen im Raume ist.

In *C* wird das Gesetz abgeleitet, dass bei leitender Verbindung von Leitern verschiedenen Potentials der Ausgleich stets so erfolgt, als ob positive Ladungsmengen von den Stellen höheren zu den Stellen niedrigeren Potentials sich bewegten, und daran die erste Erweiterung des Potentialbegriffs (vgl. d. Zeitschr. *III 165*) angeknüpft. Über die Verteilung elektrischer Ladungsmengen auf Leitern wird das Gesetz aufgestellt „Ableitbare elektrische Ladungsmengen befinden sich nur auf der Oberfläche, nicht im Innern der Leiter". Von den hierfür üblichen Versuchen kann nur der am Hohlkörper des Elektrometers ausgeführte als ein Belag gelten; völlig beweisend für die vorliegende Fassung des Gesetzes ist nur der [nicht erwähnte] Versuch mit den Halbkugeln. Es folgen dann die bekannten Versuche über Dichte (auch über deren Abhängigkeit von der Nachbarschaft anderer elektrischer Leiter); dann die Versuche über die entgegengesetzte Erregung zweier geriebener Körper. Zu dem „quantitativen elektrischen Wirkungsgesetz" (ee'/r^2) wird ein Versuch angegeben, der eben nur den Sinn des Gesetzes zu erläutern gestattet: An Stelle der einen Schale einer chemischen Wage wird an Coconfäden eine ebene runde Metallplatte aufgehängt, unter ihr eine zweite ebensolche isoliert angebracht, so dass der Abstand $1/2$ cm beträgt. Beide Platten sind durch einen feinen Metalldraht verbunden, der die Bewegung der Wage nicht beeinträchtigt. Bei Zuführung einer elektrischen Ladung erfolgt eine Abstossung der oberen Platte. Bei $1^1/_2$ cm Abstand und thunlichst gleicher Ladung ist die Abstossung viel weniger kräftig,

bei grösserer Ladungsmenge dagegen wieder stärker. Diese Vorrichtung, die ja im Prinzip an Thomsons absolutes Elektrometer erinnert, dürfte doch für den hier zu führenden wichtigen Nachweis zu unvollkommen sein. Eine kleinere Coulombsche Drehwage dagegen reicht völlig aus, um den Nachweis mit grösserer Strenge zu führen; das Prinzip der Messung ist für die Schüler durchaus nicht zu schwierig. — Hiernach wird das elektrische Feld behandelt und die Änderungen des Potentials gezeigt, indem das Elektroskop selber in der Nähe eines elektrischen Leiters herumgeführt wird. [Zweckmässiger wäre doch, schon wegen der gleichmässigen Sichtbarkeit, die Verbindung eines entfernter aufgestellten Elektroskops mit einer bewegten Probekugel, obwohl das so erhaltene Potential nicht genau mit dem am Ort der Probekugel herrschenden zusammenfällt]. Der Ausschlag des Elektrometers, wenn man einen mit ihm verbundenen isolierten Leiter einem elektrischen Körper bis zu einer bestimmten Lage nähert, wird als das am Elektrometer gemessene, durch Feldwirkung erzeugte Potential des Leiters in dieser Lage bezeichnet (Definition 13). Dieses P. wird dann kurzweg das P. des Feldes an der betrachteten Stelle genannt. Es werden hierauf die Gesetze der Niveauflächen entwickelt, auch der Einfluss eines genäherten, zur Erde abgeleiteten Körpers (Drahtnetzes) auf die Form der Niveauflächen gezeigt. Wenn dabei von einer Zusammendrückung der Niveauflächen gesprochen wird, so darf die Zuordnung einer bestimmten Zahl von Niveauflächen zu den in empirischen Einheiten dargestellten Potentialwerten nicht unausgesprochen bleiben.

In demselben Abschnitt werden weiter die Schirmwirkungen, die Aufeinanderlagerung elektrischer Fernwirkungen und namentlich die Gewinnung elektrischer Ladungsmengen durch Feldwirkung behandelt. Hier kommen die Influenzerscheinungen unter dem Gesichtspunkte des Potentialbegriffs zur Erörterung, in ähnlicher Weise wie sie u. a. von Pfaundler (d. Zeitschr. *IV 18*) dargestellt worden sind. Die Entstehung zweier „sekundärer entgegengesetzt gleicher Ladungsmengen“ auf dem der Influenz unterworfenen Leiter ist nicht verschieden von der früheren Scheidung der positiven und negativen Elektrizität und könnte in der Ausdrucksweise noch enger an die herkömmliche Art angeschlossen sein. Der Vorzug der neueren Betrachtung zeigt sich erst, wenn aus dem Gesetz der Constanz des Potentials auf einem Leiter die Entstehung dieser Ladungen selbst als notwendig abgeleitet wird. Besonderer Nachdruck ist hier auf die Bemerkung zu legen, dass die algebraische Summe der von der primären und von den beiden sekundären Ladungen erzeugten Potentiale auf der ganzen Oberfläche des zweiten Leiters constant (und im Fall der Ableitung zur Erde = Null) sein muss. Auch die Darlegung, dass der Änderung der elektrischen Zustände bei Bewegung des der Influenz unterworfenen Leiters ein äquivalenter Arbeitsverbrauch entspricht, ist beachtenswert. Den Abschluss dieses Abschnitts bildet die Spitzenwirkung.

In *D* wird die elektrische Kapazität durch einfache Versuche erläutert und mit der Wärmekapazität in Parallele gestellt. [Dass erstere abhängig von der Beschaffenheit der Umgebung, letztere davon unabhängig ist, stellt keinen begrifflichen, sondern nur einen empirischen Unterschied beider Grössen dar]. Die Beziehung zwischen Kapazität, Potential und Ladungsmenge wird durch Vergleich mit einem Gasthause unter Bildung der Begriffe Saalkapazität, Besuchsgrad, Besuchsmenge ganz anschaulich versinnlicht.

In *E* werden die Vorgänge an der Reibungselektrisiermaschine an der Hand der gewonnenen Begriffe betrachtet und die Condensatorvorrichtungen besprochen. Hier ist namentlich gut entwickelt, dass der Collektor durch die Einwirkung der Condensatorplatte infolge der vergrösserten Ladung auch ein erhöhtes Potential erhält; es wird die Collektorplatte an dem positiven Conduktor der Elektrisiermaschine geladen und gezeigt, dass nach dem Verstärkungsprozess bei erneuter Annäherung des Collektors an den Conduktor positive Elektrizität von jenem auf diesen übergeht. Eine Condensatorvorrichtung wird zutreffend als Verwandlungsapparat einer Ladungsmenge gegebenen Potentials in eine solche höheren Potentials bezeichnet.

In F endlich wird die Aichungsskala geprüft und das Potential als auf die Einheit der Ladungsmenge bezogene Arbeitsgrösse (Definition 16) definiert.

Aus dem Angeführten wird ersichtlich sein, dass die Abhandlung als eine beachtenswerte Bereicherung der auf diesen Gegenstand bezüglichen Litteratur angesehen werden darf. *P.*

Über die Bedeutung, Einrichtung und Leitung praktischer Übungen im Laboratorium. Von F. Dannemann (Barmen). *Fries u. Meyer, Lehrproben u. Lehrg. Heft XXXV, 88.* Der Verfasser hebt den grossen erziehlichen Wert praktischer Arbeiten im chemischen Laboratorium hervor und giebt hinsichtlich der Ventilation, Abzugsvorrichtungen, Reagentien u. s. w. detaillierte Anweisungen, in denen man manche wertvollen Fingerzeige, allerdings auch manches Selbstverständliche und Bekannte findet. Für je 4, höchstens 6 Schüler wird ein besonderer Abzug verlangt; die Zahl der Schüler soll eine beschränkte sein, da die unmittelbare Anleitung des Einzelnen Bedingung des Gelingens ist; die beiden verfügbaren Stunden sollen unbedingt hintereinanderliegen; für jeden einzelnen Platz soll der Lehrer unablässig auf Ordnung und Reinlichkeit halten. Betreffs der für die Ausrüstung nötigen Apparate und Chemikalien verweist der Verfasser auf seinen Leitfaden für den Unterricht im chemischen Laboratorium (d. Zeitschr. *VIII 177*). Als Zweck der Übungen wird weniger die bessere Aneignung des chemischen Unterrichtsstoffes als vielmehr die Ausbildung des Beobachtungsvermögens und der Fähigkeit, für das Beobachtete die angemessene Form schriftlicher Darstellung zu finden, hingestellt. Es wird deshalb für das Lehrbuch eine Methode befürwortet, wonach nicht die Eigenschaften eines gegebenen Objektes dogmatisch aufgezählt, sondern nur Hinweise gegeben werden, welche Untersuchungen der Schüler vorzunehmen hat. Anstatt z. B. zu sagen (S. 3) „1. Kalkspat ist farblos, krystallisiert in hexagonalem System. Spaltbarkeit sehr vollkommen nach dem Rhomboeder. Härte = 3. Spez. Gew. = 2,7. Im Wasser ist Kalkspat unlöslich, angefeuchtet auf Lackmuspapier gebracht, verändert er dasselbe nicht“ wünscht der Verfasser nur zu setzen: „1. Farbe? Form? Spaltbarkeit? Härte? spezifisches Gewicht? Löslichkeit im Wasser? Reaktion?“ Von Vorkenntnissen verlangt der Verfasser eine gründliche Kenntnis des chemischen Prozesses, nicht aber einen systematischen Überblick über das Gesamtgebiet der Chemie; vielmehr soll sich der Schüler die wesentlichsten Bausteine zu einem solchen selbst erarbeiten.

Bezüglich der Wahl der Stoffe werden mit Recht die Mineralien vor den künstlichen Präparaten bevorzugt. Bei der Herstellung von anorganischen Präparaten wünscht der Verfasser nicht ein Arbeiten nach gegebenem Rezept, sondern der Schüler soll durch Vorversuche den Verlauf des in Frage kommenden Prozesses erkunden, nach Aufstellung der Gleichung das Verhältnis der Quantitäten ermitteln und dann erst an die Herstellung des Präparates gehen. Auch die Rückstände im Kippschen Apparate sollen benutzt werden; es wird z. B. näher angegeben, wie die Flüssigkeit nach beendeter H_2S-Entwicklung auf Eisenpräparate zu verarbeiten ist. Die wichtigsten Reagentien, wie Lackmus- und Indigolösung, Phosphorsalz, Kaliumpermanganat, Kupferoxyd u. s. w. sollen ebenfalls vom Schüler hergestellt werden. Zum Schluss führt der Verfasser die erwähnten methodischen Gesichtspunkte an einem weiteren Beispiel, der Darstellung von Kaliumnitrit, näher aus und wünscht, dass zur Befestigung des Grundgesetzes auch einige quantitative Bestimmungen ausgeführt werden, z. B. die Ermittelung des Krystallwassers im Kupfervitriol, die Bestimmung des Eisens im Eisenoxyd oder die des Kupfers auf elektrolytischem Wege. *O.*

---

5. Technik und mechanische Praxis.

Die praktischen Anwendungen des Ozons. In der Jahresversammlung der Deutschen Elektrochemischen Gesellschaft im Oktober 1894 berichtete Dr. O. Frölich über diejenigen Anwendungen des Ozons, über welche seitens der Firma Siemens & Halske in den

letzten Jahren Versuche angestellt worden sind. — Über die Sterilisierung mittels Ozons war von seiten des Kaiserlichen Gesundheitsamtes durch Dr. Ohlmüller (1892) Folgendes ermittelt worden: Wenn in einer Flüssigkeit ausser Bazillen noch oxydierbare Stoffe vorkommen, so werden durch eingeleitetes Ozon in der Regel zuerst alle Oxydationen bewirkt und dann erst die Bazillen, allerdings in durchgreifender Weise, getötet. Von praktischem Wert könnte demnach dies Ergebnis nur bei verhältnismässig reinem Wasser werden; es wäre z. B. ein Leichtes — falls sich in dem für Berlin bestimmten Leitungswasser gefährliche Bazillen eingenistet hätten —, in den Wassertürmen mittels der vorhandenen aber nie voll beschäftigten Dampfmaschinen so viel Ozon zu erzeugen, dass das Wasser genügend sterilisiert wird. Weniger günstig lauten die Resultate Ohlmüllers hinsichtlich der Ventilation; Bazillen, die sich in der Luft und an den Wänden befinden, werden nur wenig durch Ozon angegriffen. Übrigens ist das reine Ozon, oder besser die reine ozonisierte Luft, dem Geruch nach völlig verschieden von der Waldluft; sie riecht „muffig“ und selbst in grosser Verdünnung nicht angenehm oder erfrischend. Indessen könnte wohl durch Beimengung anderer Gase zum Ozon, namentlich von Dämpfen ätherischer Öle, eine zweckmässige Ventilation für Krankenhäuser u. s. w. hergestellt werden; in Amerika soll man in dieser Hinsicht gute Erfahrungen gemacht haben. — Auch die schon länger bekannte Fähigkeit des Ozons, auf Spirituosen mildernd und veredelnd einzuwirken, dieselben gleichsam zu altern, wurde von neuem untersucht; es zeigte sich, dass besonders süsse und schwere Weine, desgleichen Liqueure zum Teil bedeutende Veränderungen erfahren. Zur Verbesserung von jungem Cognac findet das ausprobierte Verfahren bereits vereinzelt praktische Anwendung. Versuche von Dr. Erlwein ergaben, dass Ozon auch zur Veredlung des Kaffees, z. B. durch Unschädlichmachen der übelriechenden Bohnen, sowie zur Verbesserung von inländischem Tabak dienen könne. Die chemischen Vorgänge bei diesen Einwirkungen lassen sich zur Zeit noch nicht übersehen. Von vorläufig mehr theoretischem Interesse ist die Darstellung von Salpetersäure aus Luft mittels Ozons. Spuren der Säure hatte man seit langem erzeugt, doch hat man jetzt ein auf der Wirkung der Ozonröhre beruhendes Verfahren gefunden, nach welchem die Verbindung von N und O viel leichter und in technisch brauchbarer Weise erfolgt; es wurde der Versammlung ein salpetersaures Salz vorgelegt, zu welchem die Säure aus Luft gewonnen war. — Von Anwendungen, die in die Technik bereits eingeführt sind oder deren Einführung in die Technik gesichert ist, seien noch die folgenden erwähnt. Mit Erfolg wird das Ozon benutzt, um Holz, namentlich Resonanzholz, zu altern. Letzteres wird auf 12 bis 14 Stunden in einen abgeschlossenen erwärmten Raum gebracht, durch welchen man ozonisierte Luft leitet. Hierdurch wird das Holz gleichsam gehärtet, d. h. widerstandsfähiger gegen Temperatureinwirkungen und resonanzfähiger gemacht. Die Wirkung beruht vermutlich auf einer chemischen Veränderung der im Holz enthaltenen Harze. Die Eindickung des Leinöls zum Zweck der Linoleumfabrikation, ein monatelang dauernder Prozess, kann mittels Ozons auf wenige Tage abgekürzt werden. Eine wichtige Verwendung hat das Ozon ferner zum Bleichen von Leinen gefunden. Hier ist von der genannten Firma durch jahrelang fortgesetzte Versuche ein Verfahren ausgebildet worden, welches beispielsweise dazu geführt hat, dass eine leistungsfähige Bleicherei Schlesiens die Rasenbleiche abgeschafft und die im Hause vorzunehmende Ozonbleiche eingeführt hat. Die zum Bleichen erforderliche Zeit ist etwa nur ein Drittel der früheren; der Hauptvorteil liegt aber darin, dass man nicht mehr von Jahreszeit und Wetter abhängig ist und ohne Wiesen auskommt. Die technisch wichtigste Anwendung des Ozons ist schliesslich die zur Herstellung reiner Stärkederivate, z. B. löslicher Stärke, Dextrin, Krystallgummi; die Anwendung des Ozons bezweckt hier hauptsächlich die Entfernung aller der Stoffe, welche dunkle Farbe, schlechten Geruch und Geschmack verursachen. Eine Fabrik zur Herstellung der genannten Produkte nach dem Siemensschen Verfahren ist in der Errichtung begriffen. (*Elektrotechn. Ztschr.* XV *566, 1894.*) *O.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Roscoe-Schorlemmers Lehrbuch der anorganischen Chemie. Von Henry E. Roscoe und Alexander Classen. Bd. I. Dritte gänzlich umgearbeitete und vermehrte Auflage. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1895. 528 S. M. 15,—.

Die 1. Abteilung S. 1—528 des in neuer Auflage erscheinenden bekannten vortrefflichen Lehrbuchs umfasst den allgemeinen Abschnitt (Gastheorie u. s. w.), dann den Wasserstoff, die Halogene, die Sauerstoffgruppe und Stickstoffgruppe bis zum Phosphor.

Da bei dem immer mehr anwachsenden Umfang der Fachlitteratur ein Verfolgen der Thatsachen in allen Richtungen nicht mehr möglich ist, sind als Ersatz für die Originalarbeiten Lehrbücher entstanden, welche einen zusammenhängenden Überblick gestatten und namentlich auch für die Lehrer an höheren Schulen erwünscht sind. Zu diesen gehört das vorliegende vielbenutzte Lehrbuch. Es ist nur wünschenswert, dass das Erscheinen des ganzen Werkes möglichst schnell erfolgt, so dass der Stoff bis zum Jahre 1895 abgeschlossen wird. *Schw.*

Einführung in das Studium der qualitativen chemischen Analyse. Von Carl Friedheim, Dr. phil., Privatdozent an der Universität Berlin. Berlin bei Carl Habel, 1894. XIX u. 347 S.

Jeder, der den üblichen Studiengang der jungen Chemiker selbst durchgemacht hat, wird durchaus der Klage des Verfassers zustimmen, dass für die grosse Mehrzahl derselben das einzige Ziel das sogenannte „organische Arbeiten" ist, und dass daneben die Vorbildung in der anorganischen Chemie arg vernachlässigt zu werden pflegt. Sicherlich aber ist eine zu frühzeitige Spezialisierung nicht nur aus Rücksichten der wissenschaftlichen Gründlichkeit, sondern auch mit Bezug auf die Anforderungen der Technik beklagenswert. Vorliegendes Buch ist nun bestimmt, die Studierenden in die qualitative Analyse und damit überhaupt in die anorganische Chemie einzuführen. Es weicht durchaus ab von den üblichen „Tabellen" oder „Anleitungen", die in der Laboratoriumspraxis meist so wenig wirkliches Interesse erregen, weil sie die blossen Thatsachen ohne inneren Zusammenhang darstellen. Hier werden diese vielmehr ausnahmslos erklärt, und zwar unter steter Verwendung von chemischen Gleichungen sowie von Strukturformeln, welche letztere sonst in der anorganischen Chemie trotz ihrer grossen theoretischen Wichtigkeit gewöhnlich vernachlässigt werden. Der Gang ist der naturgemässe. Nach den einleitenden Abschnitten allgemeineren Inhalts werden zuerst die Metalle in den üblichen Gruppen behandelt; hierauf folgen die Nichtmetalle oder vielmehr die für die Analyse wichtigsten Verbindungen derselben, nämlich die Säuren (aus neutraler Lösung durch Baryumchlorid fällbare Säuren — aus saurer Lösung durch Silbernitrat fällbare Säuren — weder durch Baryumchlorid noch durch Silbernitrat fällbare Säuren). An diesen mehr als zwei Drittel des Buches einnehmenden theoretischen Teil schliessen sich Anwendungen, welche das praktische Verfahren der Analyse lehren, sowie zwei Anhänge, von denen besonders der erstere wichtig ist, welcher die Reaktionen der vorher ausgelassenen selteneren Elemente, darunter auch einiger äusserst seltenen wie des Galliums und Germaniums, enthält.

Selbst die strengste Kritik wird an dem Buche nur Kleinigkeiten auszusetzen finden. Einige Druckfehler sind in den Berichtigungen nicht genannt, so steht sinnentstellend S. XVIII Z. 20 statt „Säuren" „Metalle" und S. 59 Z. 13 statt „Ferrioxydhydrat" „Ferrooxydhydrat". Ferner entspricht die Bezeichnung der Verbindungen Fe_2Cl_4O und $Fe_2(SO_4)_2O$ als basische Ferrisalze nicht scharf der gleichzeitig gegebenen Definition für derartige Verbindungen (S. 59), jene beiden wären wohl besser als Oxychlorid und Oxysulfat aufzufassen. Ähnliches liesse sich auch über die Benennung einiger Quecksilberverbindungen (S. 118) sagen. Ebenso dürfte wohl die häufig für „Hydroxyd" gewählte Bezeichnung „Oxydhydrat" in späteren Auflagen, weil einer veralteten Anschauung entsprechend, lieber ganz weggelassen werden.

Im übrigen ist das Buch nicht nur von hervorragender Klarheit, sondern auch von ausgezeichneter Gründlichkeit. und es steht in allen Punkten auf der Höhe der Wissenschaft. Dementsprechend findet man in ihm über schwierigere Verbindungen, wie basische und Sulfosalze, Doppelverbindungen u. s. w. bessere Auskunft als selbst in vielen grösseren Lehrbüchern der anorganischen Chemie. Kurz das Werk, welches ja zunächst für den Unterricht an Hochschulen bestimmt ist, kann einem jeden, der tiefer in das Verständnis der Chemie eindringen will, insbesondere auch unseren Fachgenossen, dringend empfohlen werden. Bemerkt sei noch, dass das eine wirkliche Lücke in der Litteratur ausfüllende Buch zwar als eine Neubearbeitung des seiner Zeit sehr bekannten Rammelsbergschen „Leitfadens der qual. chem. Analyse" auftritt, dass aber das Unterscheidende und Charakteristische desselben das alleinige Verdienst der vorliegenden Umgestaltung ist. *J. Schiff.*

Elemente der theoretischen Physik. Von Dr. C. Christiansen, Professor der Physik an der Universität Kopenhagen. Deutsch herausgegeben von Dr. Joh. Müller. Mit einem Vorwort von Professor Dr. E. Wiedemann. Mit 143 Figuren im Text. Leipzig, J. A. Barth (A. Meiner), 1894. VIII u. 458 S. M. 10,—.

Das Buch entwickelt auf beschränktem Raume die wichtigsten Lehren der theoretischen Physik soweit, dass nach der Durcharbeitung der Student Originalarbeiten, die nicht allzu eingehende Fragen betreffen, verstehen kann. Es ergänzt die einleitenden Vorlesungen über dieses Gebiet, für welche Herr E. Wiedemann auf der Wiesbadener Versammlung (vgl. d. Zeitschr. *VIII 54*) so warm eingetreten ist. Das Buch ist sehr geschickt abgefasst und giebt einen vortrefflichen Überblick über die theoretische Physik. Von wissenschaftlichem Standpunkt aus kann es nur gelobt werden; aber vom unterrichtlichen Gesichtspunkte aus wären bei etwaiger Neuauflage einige Änderungen zu wünschen. Das Werk bietet noch zu vielerlei und geht an einigen Stellen nicht weit genug in die Tiefe der Fragen hinein, so dass gerade die gründlichsten unter den noch ungeübten Lesern zuweilen auf bedenkliche Hindernisse stossen dürften. Bei den Litteraturangaben wäre für weitergehende Studien in den einzelnen Gebieten nur auf ganz wenige, aber sorgfältig ausgewählte, ausführliche Darstellungen hinzuweisen und dem Leser vor allen Dingen das Studium einiger kleinerer, ebenfalls sorgfältig ausgewählter, klassischer Originalarbeiten, zu deren selbstständiger und gründlicher Durcharbeitung seine Kräfte und seine Zeit ausreichen, dringend zu empfehlen. Der unterrichtliche Wert des Buches könnte weiterhin noch erhöht werden durch Einfügung zweckmässiger Aufgaben, die einerseits das Dargebotene befestigen, andererseits den Studenten zu selbstständigen Arbeiten anleiten. *Hahn-Machenheimer.*

Bechholds Handlexikon der Naturwissenschaften und Medizin. Bearbeitet von A. Velde, Dr. W. Schauf, Dr. G. Pulvermacher, Dr. V. Löwenthal, Dr. L. Mehler, Dr. C. Eckstein, Dr. J. Bechhold und G. Arends. 1127 S. H. Bechhold, Frankfurt a. M. M. 14,40, geb. M. 16,— oder M. 16,50.

Das Werk bietet ein bequemes Mittel, sich rasch über Namen und Begriffe auf dem weit verzweigten Gebiete der Naturwissenschaften und der Medizin zu orientieren. Naturgemäss fällt der Physik nur ein kleiner Teil dieses Gebietes zu und das hier Dargebotene dürfte auch nur für ein ganz populäres und an der Oberfläche bleibendes Bedürfnis genügen, zumal selbst wichtige Constanten (wie die Fallbeschleunigung und die Länge des Sekundenpendels) fehlen. Man wird auch über schwierigere Begriffe keine zureichende Aufklärung erwarten dürfen (Potential und Energie sind übereinstimmend definiert, Trägheitsmoment wird als Bewegungsenergie einer in Drehung befindlichen Masse erklärt). In Bezug auf Objekte und Thatsachen dagegen wird das Buch in den vorher bezeichneten Grenzen zumeist zureichende Aufklärung gewähren; auch muss seine Reichhaltigkeit in Hinsicht auf Chemie, beschreibende Naturwissenschaften und Medizin hervorgehoben werden. *P.*

Lehrbuch der Experimentalphysik. Von Adolph Wüllner. I. Band: Allgemeine Physik und Akustik. Fünfte vielfach umgearbeitete und verbesserte Auflage. Mit 321 in den Text gedruckten Abbildungen und Figuren. Leipzig, B. G. Teubner, 1895. X u. 1000 S. M. 12.—.

Die neue Auflage des bewährten Lehrbuches ist im Charakter den früheren gleich geblieben. Das Hauptgewicht liegt auf den Experimentaluntersuchungen, über die ausführlich und im engen Anschluss an die Originalarbeiten berichtet ist. Auch die theoretische Seite ist gebührend berücksichtigt, soweit der Zusammenhang mit den experimentellen Teilen es erfordert. Von neueren Theorieen hat namentlich die Theorie des osmotischen Druckes und der Diffusion nach den Arbeiten von van't Hoff, Arrhenius, Nernst und Riecke eine ausführliche Darstellung gefunden; Boltzmanns Theorie der inneren Reibung bei festen Körpern ist besprochen, die Meyersche Theorie der Gasdiffusion ist durch die Stefansche ersetzt. *P.*

Fragmente. Neue Folge. Von John Tyndall. Übersetzt von Anna v. Helmholtz und Estelle du Bois-Reymond. 566 S. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1895. M. 8,—.

Der mit einem Porträt des Verfassers geschmückte Band enthält neben einigen populären Darstellungen (über Atome, Molekeln und Ätherwellen, der Regenbogen und verwandte Erscheinungen, vom gewöhnlichen Wasser) mehrere bemerkenswerte biographische Skizzen, von denen die des Grafen Rumford besonders interessante Einzelheiten enthält. Dem Leben und Forschen von Thomas Young ist ein grösserer Aufsatz gewidmet, ein kürzerer dem Leben und Wirken von Louis Pasteur. Von hohem allgemeinen Interesse sind die persönlichen Erinnerungen an Carlyle. Über Goethes Farbenlehre handelt ein in der Royal Institution gehaltener Vortrag, der indessen nach Helmholtzens Darstellung des Gegenstandes nichts neues mehr beibringt und

nur als ein Versuch der Würdigung Goethes in den naturwissenschaftlichen Kreisen Englands von Wert ist. Zutreffend sagt der Verfasser von Newton, seine Farbenlehre sei weniger eine Theorie als eine direkte Darlegung von Thatsachen, Goethe dagegen habe versucht, Methoden einzuführen, die der Physik und der Behandlung rein physikalischer Aufgaben völlig fremd seien. Es fehlt der Hinweis, dass Goethe im Gegensatz zu Newton auf die subjektive Seite der Farbenerscheinung das grössere Gewicht legte und dass er auf diesem Gebiet unbestreitbare Verdienste hat. Man findet in dem Bande endlich einen Vortrag über die englische Sonntagsheiligung und lesenswerte Aufzeichnungen des auch als Alpenforscher verdienten Verfassers. *P.*

Einführung in die Elektricitätslehre. Vorträge von Bruno Kolbe, Oberlehrer an der St. Annenschule in St. Petersburg. II. Dynamische Elektricität. Mit 75 in den Text gedruckten Holzschnitten. VIII und 187 S. Berlin Julius Springer und München R. Oldenbourg, 1895. M. 3,00.

Dieser Teil schliesst sich dem ersten 1893 erschienenen (d. Zeitschr. *VI 104*) ebenbürtig an. Die frühzeitige Einführung des Potentialbegriffes in Teil I ermöglicht einen engen Anschluss des Galvanismus an die Lehren der statischen Elektricität, der von dem Verfasser auch dadurch zum Ausdruck gebracht wird, dass er die ersten Versuche über Stromgefälle im Leiter und über die Abhängigkeit des Leitungsvermögens vom Querschnitt mit Hilfe der Influenz-Elektrisiermaschine ausführt. Bei den weiteren wesentlich messenden Versuchen dient neben dem geaichten Elektrometer namentlich die Sinustangentenbussole (d. Zeitschr. *VI 28*) und das vom Verfasser modifizierte Ampèresche Universalgestell (d. Zeitschr. *VIII 155*). Von anderen in dieser Zeitschrift beschriebenen Apparaten hat der Mühlenbeinsche für die Wechselwirkung zwischen beweglichen Stromleitern, der Szymańskische zur Demonstration der Gesetze der Induktionsströme, die Hempelsche astatische Nadel, das Telephonmodell nach Bosshard Verwendung gefunden. Nach dem Beifall, den der I. Teil geerntet, bedarf dieser II. kaum noch besonderer Empfehlung; er wird wie jener zur Vervollkommung und Vertiefung des physikalischen Unterrichtes beitragen. Als bemerkenswert sei noch hervorgehoben, dass nach einer von O. Chwolson herrührenden Notiz die Ablenkung der Magnetnadel durch den Strom schon 1804 von Romaguesi in Trient beobachtet worden ist, und dass der erste brauchbare elektromagnetische Telegraph von Schilling v. Cannstadt 1832 oder zu Anfang 1833 construiert worden ist, wie schon Munke in Gehlers Wörterbuch und neuerdings Zetzsche und Netoliczka anerkannt haben. Als Erfinder der Glühlampe (vgl. d. Zeitschr. *VI 262*) ist Heinrich Göbel genannt. *P.*

K. Koppe's Anfangsgründe der Physik mit Einschluss der Chemie und mathematischen Geographie. 20. Auflage. Ausgabe B in zwei Lehrgängen, für höhere Lehranstalten nach den preussischen Lehrplänen von 1892 bearbeitet von Dr. A. Husmann. Essen, G. D. Baedeker, 1894. I. Teil: Vorbereitender Lehrgang. Mit 173 in den Text eingedruckten Holzschnitten. IX u. 205 S. geb. M. 2,20. — II. Teil: Hauptlehrgang. Mit 238 Holzschnitten. VIII u. 309 S.

Die Lehrpläne von 1892 haben auch für dies altbewährte Lehrbuch, dessen 17. Auflage erst von H. Koppe einer eingreifenden Umarbeitung (vgl. d. Zeitschr. *VI 48*) unterzogen worden war, eine Neubearbeitung unter Teilung in zwei Kurse nötig gemacht. Der Herausgeber bekennt, sich bei der Verteilung des Stoffes an die Grundsätze gehalten zu haben, die von Poske und Böttger in der Rethwischschen Ausstellungsschrift (d. Zeitschr. *VII 205*) ausgesprochen worden sind. Der Stoff des I. Lehrganges erscheint demgegenüber, wie der Herausgeber selbst zugiebt, immer noch zu reichlich bemessen, und obwohl die dafür angeführten Gründe nicht ohne einiges Gewicht sind, muss doch auch bei dieser Gelegenheit wieder gegen das Zuviel Verwahrung eingelegt werden. Die Gefahr, der wir entgegensteuern, ja in der wir uns schon jetzt befinden, ist in dem Erlass des österreichischen Ministers von 1892 auf Grund jahrzehntelanger Erfahrung so scharf gekennzeichnet (vgl. d. Zeitschr. *VI 50*), dass wir uns alles weiteren enthalten können. Aus der Aufnahme allzuvielen fakultativen Stoffes in den Lehrgang des Unterkursus erwächst zudem für die Oberstufe der Nachteil, dass bei den zahlreichen voraussichtlich im Unterkursus nicht erledigten Gegenständen fortwährend auf das Lehrbuch der Unterstufe zurückgegriffen werden muss. Namentlich im Galvanismus hätte noch eine beträchtliche Verminderung eintreten müssen. In anderen Abschnitten, besonders in der Akustik und der Wärmelehre, ist der Stoff mit grösserer Beschränkung ausgewählt, dankenswert ist auch, dass der Herausgeber den Mut gehabt hat, die Fallgesetze aus der Mechanik fortzulassen. Bei den luftförmigen Körpern hätte durch eine andere Anordnung der Paragraphen der methodische Gesichtspunkt mehr zur Geltung gebracht werden können. Der neu eingefügte chemische Abschnitt schliesst sich an die methodischen

Anleitungen von Wilbrand und Levin an, er gruppiert sich zweckmässiger Weise um Luft, Wasser, Schwefel, Eisenvitriol, Kochsalz, Kalk, Holz und Kohle. — Der Lehrgang für die Oberstufe enthält den nach Ausscheidung des I. Teiles übrig gebliebenen Stoff. Hinzugefügt ist ein chemischer Abschnitt, in dem die Elemente gruppenweise besprochen sind, ein Abschnitt über mathematische Geographie, der alles für den Unterricht Nötige darbietet und erst nach den scheinbaren Bewegungen der Himmelskörper die wirklichen behandelt; endlich ein kurzer Schlussabschnitt über Methode und Endergebnisse der Naturforschung. Die sonstigen schon früher anerkannten Vorzüge des Buches sind auch in dieser neuen Gestalt erhalten geblieben.

Inzwischen ist Teil I bereits in der 21. Auflage erschienen, die wieder eine Reihe von Verbesserungen aufweist. Hinzugekommen ist u. a. ein Paragraph über Quellen und Wesen der Wärme und ihre Beziehung zur Arbeit, und eine Ableitung des Bodendrucks, die aber wohl nicht, wie die Vorrede angiebt, von Stevin herrührt. *P.*

Vierstellige logarithmisch-trigonometrische Tafeln nebst einigen physikalischen und astronomischen Tafeln, für den Gebrauch an höheren Schulen zusammengestellt von Dr. C. Rohrbach, Oberlehrer in Gotha. Gotha, E. F. Thienemann, 1893. 32 S. M. 0,60.

Diese bereits vor zwei Jahren erschienenen Tafeln haben die meisten Vorzüge der kürzlich (*VIII 286*) besprochenen Schülkeschen Tafeln mit diesen gemein. Sie unterscheiden sich durch ein um weniges grösseres Format (26,5 : 17,2 gegen 24,2 : 15,1), wodurch in Verbindung mit sehr klaren Lettern ein noch etwas deutlicherer Druck erzielt werden konnte. Die Täfelchen der Proportionalteile sind nicht fortgelassen, auch dürfte entgegen den von Schülke in der *Zeitschr. f. math. u. naturw. Unt. XXVI H. 4* angeführten Gründen doch ihre Beibehaltung von Vorteil sein, da sie die Nebenrechnung erleichtern und deren Controlle ermöglichen. Die Logarithmen der trigonometrischen Funktionen sind von 6′ zu 6′ angegeben, die nebenstehenden Täfelchen gestatten eine sofortige Ablesung bis auf einzelne Minuten. Für 0° bis 8° sind die Logarithmen der Sinus und Tangenten von Minute zu Minute auf zwei Seiten besonders zusammengestellt. Ferner sind natürliche Logarithmen von 1 bis 1000, die Quadrate von 1 bis 1000, siebenstellige Logarithmen der Zinsfaktoren, Werte von $n!$ und 2^n, Funktionen von π, Potenzen von 10, Vielfache von m und $1/m$ angegeben. Für den physikalischen Unterricht wichtig sind antike und neuere Maasse, eine grosse Zahl physikalischer Constanten aus Mechanik, Wärmelehre, Optik, Akustik, Dimensionen der Erde, Daten über das Planetensystem, Sternörter, geographische Positionen, Sonnentafel. Der vielseitig angestrebten Verknüpfung von mathematischem und physikalischem Unterricht wird auch diese Tafel gute Dienste leisten können. *P.*

Rechentafel von Dr. Oskar May, Ingenieur, Frankfurt a. M. Mit Gebrauchsanweisung, 14 erläuternden Figuren und einer Sammlung von Maass- und Gewichts-Einheiten. Leipzig, F. W. v. Biedermann, 1894. Bureau-Ausgabe auf Karton M. 2,—. Taschenausgabe in Leinwandtasche M. 1,50, in Ledertasche M. 3,—.

Sie ist zur Ausführung von Multiplicationen, Divisionen, Potenzierungen und Radizierungen bestimmt und gestattet, wie der Rechenschieber, eine auf drei Stellen genaue Ablesung. Da die Tafel auf der einfachsten Grundlage des graphischen Rechnens beruht, so erlernt man an der Hand der klaren Gebrauchsanweisung, rasch und leicht ihre Benutzung. Die recht billige Tafel hat vor dem Rechenschieber vor allem den Vorzug, dass man sie stets in der Rocktasche bei sich tragen kann. Das Gewirr der drei Gruppen störte mich indessen etwas bei der Benutzung; es fiel mir schwer, die zur Rechnung erforderlichen Linien ohne Anwendung von Papierstreifen nur mit den Augen zu verfolgen. *Hahn-Machenheimer.*

Programm-Abhandlungen.

Die Astronomie und mathematische Geographie an Realschulen. Von Dr. G. Schilling. S. A. Progr. der k. k. Staats-Oberrealschule in Olmütz 1894. 22 S. (Selbstverlag.)

Durch den Erlass des österreichischen Unterrichtsministers vom 24. Mai 1892 (vgl. d. Zeitschr. *V 318*) ist der Astronomie im Unterkursus der Gymnasien eine grössere Berücksichtigung zu Teil geworden. Der Verfasser tritt für eine Neuordnung auch an den Realschulen mit gewichtigen Gründen ein. Nach dem jetzigen Normallehrplan ist der Gegenstand nur in der ersten (untersten) und der siebenten Klasse angesetzt. Der Verfasser fordert, dass die Behandlung auf jener untersten Stufe auf die einfachsten Thatsachen der scheinbaren Himmelsbewegungen beschränkt bleibe, dass dagegen in der vierten Klasse (etwa unserer OIII) im physikalischen Unterricht eine Einführung in die eigentlichen astronomischen Grundanschauungen erfolge. Der Raum

dafür würde durch Verschiebung der Akustik nach der dritten Klasse und durch Einschränkung der dort üblichen „allgemeinen und besonderen Eigenschaften“ zu gewinnen sein. [Die Minderwertigkeit einer solchen allgemeinen Einleitung ist auch in dieser Zeitschrift wiederholt betont worden.] Der Verfasser beschreibt dann genauer, wie er die Schüler zur Beobachtung der Himmelsvorgänge anleitet und aus solchen Beobachtungen das Material für den Unterricht entnimmt. Er schliesst sich dabei an den Lehrgang von Mach und Odstrčil an und benutzt auch Karten der Planetenbahnen, die nach den in dieser Zeitschrift [nicht von Plassmann, sondern von M. Koppe] veröffentlichten in vergrössertem Maassstabe hergestellt sind. In der Mechanik wird dann bei der Lehre von der Fliehkraft die Drehung der Erde erschlossen, die Lehre von den Centralbewegungen liefert die genauere Beschreibung der wahren Planetenbewegungen und leitet durch Analogie zu einer ebenso gearteten Bewegung der Erde und zur Erklärung aller mit der scheinbaren Bewegung der Sonne zusammenhängenden Thatsachen hin. [Die „Lehre von den Centralbewegungen“ dürfte doch für diese Stufe zu viel Schwierigkeiten bieten, sie fehlt auch in dem entsprechenden Kursus des Gymnasiallehrplans von 1892; es wird genügen, wenn die Möglichkeit einer heliocentrischen Erklärung der Erscheinungen dargelegt wird, die genaueren Beweise gehören auf die oberste Stufe, wie denn auch der Verfasser selber gegen die Abstraktionen im physikalischen Unterkursus beherzigenswerte Bemerkungen macht.] Damit die so übermittelten Einsichten nicht bis zur erneuten Behandlung in der siebenten Klasse wieder schwinden, empfiehlt der Verfasser Wiederholungen, die bei Gelegenheit geometrischer und trigonometrischer Aufgaben im Mathematikunterricht der fünften und sechsten Klasse anzustellen sein würden. Dieser Vorschlag ist völlig in dem Sinne der neueren auf Verknüpfung des physikalischen und des mathematischen Unterrichtes gerichteten Bestrebungen. Bezüglich der gesamten Ausführungen des Verfassers kann man nur wünschen, dass sie sowohl von seiten der Fachlehrer bei dem jetzigen Unterrichtsbetriebe, als auch von seiten der Behörde bei der voraussichtlichen Neuordnung der Lehrpläne die verdiente Beachtung finden. *P.*

Versammlungen und Vereine.

Verein zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und den Naturwissenschaften.

IV. Versammlung zu Göttingen am 4. und 5. Juni 1895.

Die Versammlung wurde in der Aula des Königl. Gymnasiums am 4. Juni durch eine Ansprache des Herrn Gymnasialdirektors Prof. Dr. Viertel (Göttingen) eröffnet. Nachdem noch Herr Prof. Pietzker (Nordhausen) die Versammlung im Namen des Hauptvorstandes begrüsst hatte, nahm Herr Univ.-Prof. F. Klein (Göttingen) das Wort zu seinem Vortrag „Über den mathematischen Unterricht an der Göttinger Universität in besonderem Hinblicke auf die Bedürfnisse der Lehramtskandidaten“, in welchem er im Anschluss an den von der Direktion des Göttinger mathematisch-physikalischen Seminars herausgegebenen Studienplan für die Kandidaten des höheren Schulamts die mathematisch-physikalischen Unterrichtseinrichtungen der Göttinger Universität beschrieb und die Ziele dieses Unterrichts entwickelte.

Der darauf folgende Vortrag des Herrn Oberlehrers Dr. Schotten (Schmalkalden) „Über die Lehre von den Bewegungen der Elementargebilde Punkt, Grade und Kreis unter Benutzung der Begriffe Nachbarpunkt und Abstand“ entwickelte einen Versuch einer Bewegungslehre in elementargeometrischer Form.

Darauf sprach Herr Oberlehrer Dr. Schülke (Osterode i./O.) über die Frage: „Sind vierstellige Logarithmen für Gymnasien zu empfehlen?“ Er widerlegt in demselben die Ansicht, dass die Leistungsfähigkeit vierstelliger Logarithmen zu gering sei, durch eine grosse Anzahl von Beispielen aus der Physik, der Astronomie und der mathematischen Geographie. Aus der Physik, für die der Gebrauch vierstelliger Logarithmen schon von Kohlrausch in seiner „Praktischen Physik“ empfohlen wurde, werden zwei Aufgaben behandelt, die Ausdehnung eines Stabes durch die Wärme und der Unterschied des Schwingungsverhältnisses der temperierten Quinte von der reinen. Für die Behandlung von Aufgaben aus der mathematischen Geographie auf der Schule wird ein Coordinatensystem zu Grunde gelegt, dessen Anfangspunkt O der Schulort, dessen Axen der Parallelkreis und der Meridian von O sind. Dann wird die Lage eines Nachbarortes A durch seinen Abstand AB ($= 10$ km) vom Parallel als Ordinate und die Abscisse OB ($= 8$ km) bestimmt. Wird dann noch der Parallelkreis durch A gelegt, der den Meridian von O in C trifft, so kann man den Längen- und Breitenunterschied von A und O berechnen, ferner den Unterschied der Bogen OB und CA, die Pfeilhöhe des Bogens AB über der Sehne AB,

den Unterschied der Längen dieser beiden Grössen, den Unterschied der Tageslänge der Orte O und A. Um die Abweichung der Erde von der Kugelgestalt zu zeigen, wird aus der geographischen Breite von O die geocentrische berechnet und weiter bestimmt, wie viel man den Fusspunkt eines 1 m langen Lotes nach Norden schieben muss, damit es nach dem Mittelpunkt der Erde zeigt. Alle diese Aufgaben werden für den Fall, dass die geographische Breite von O 50° beträgt, mit vierstelligen Logarithmen berechnet und es zeigt sich, dass der Unterschied von den mit fünfstelligen Tafeln enthaltenen Resultaten durchaus unwesentlich ist, so ergiebt sich z. B. der Unterschied der Bogen- und Sehnenlänge AB zu 10,28 mm, während mit fünfstelligen Tafeln sich 10,281 mm ergiebt. Ausserdem zeigt sich an einigen dieser Beispiele auch die Zweckmässigkeit der Dezimalteilung des Winkels, die der Vortragende in der von ihm bearbeiteten vierstelligen Logarithmentafel eingeführt hat, besonders wenn Funktionen kleiner Winkel benutzt werden, deren Bestimmung ja selbst bei fünfstelligen Tafeln auf Schwierigkeiten stösst, wenn nicht die Hilfsgrössen S und T benutzt werden, was gewiss für Schulen nicht empfehlenswert ist. So ergiebt sich als Pfeilhöhe des Bogens AB mit vierstelligen Tafeln bei Dezimalteilung des Winkels 1,962 m; der genaue Wert ist 1,96347 m, fünfstellige Tafeln geben aber ohne Benutzung der Grösse S, also mit gewöhnlicher Interpolation, 1,7502 m.

Dass die Dezimalteilung des Winkels noch nicht überall eingeführt ist, dafür werden verschiedene Gründe angeführt: die Astronomen halten an der 60-Teilung fest bei Beobachtungen wegen der Einrichtung der Teilkreise ihrer Instrumente und wenn gleichzeitig Zeit- und Winkelmessungen gemacht werden, sonst benutzen auch sie stets die Dezimalteilung, wie die astronomischen Jahrbücher zeigen.

In der Diskussion über diesen Vortrag wurde gegen die Dezimalteilung besonders geltend gemacht, dass die Schule mit einer solchen Neuerung nicht vorangehen dürfe, sie müsse abwarten, bis sie allgemein eingeführt sei. Für den Gebrauch vierstelliger Tafeln auf höheren Lehranstalten aber sprach sich die Versammlung mit überwiegender Mehrheit aus.

In der Sitzung am 4. Juni, Nachmittags 3 Uhr, hielt Herr Direktor Dr. Schwalbe (Berlin) einen Vortrag „Über die Meteorologie auf der Schule“, dessen Inhalt ungefähr folgender ist: Das Bestreben, spezielle Wissenschaftsgebiete neu in den Unterricht der höheren Schulen einzuführen, ist alt. Die Unterrichtspläne von 1882 sind diesem Bestreben in manchen Gebieten entgegengekommen und die Pläne von 92 sind darin noch weiter gegangen. Aber abgesehen davon, dass allzu grosse Vielheit der Fächer für den Unterricht gefährlich ist, ist es wohl jetzt kaum möglich, neue Wissenschaftsgebiete als Unterrichtsfächer einzuführen. Aber man kann für sie beim Unterricht in anderen Fächern vielfach Anknüpfungspunkte finden, wie es z. B. die Herren Endemann und Lüddecke auf der vorigen Versammlung darzulegen versucht haben. Hier sollen solche Anknüpfungspunkte für die Meteorologie gesucht werden. Am besten ergeben sie sich in der Physik, wo man entweder einen Überblick über das Gesamtgebiet in der Wärmelehre geben, oder wo man auch die einzelnen Teile da besprechen kann, wohin sie speziell gehören, den Luftdruck und seine Veränderungen z. B. im Anschluss an das Barometer, das Gewitter in der Elektricitätslehre u. s. w. Aber nicht nur die Physik, auch die Geographie bietet solche Anknüpfungspunkte schon in den unteren Klassen, ja sogar in der Geschichte und der Religionswissenschaft findet man sie, und der Lehrer muss diese Anknüpfungspunkte benutzen. Dass das aber geschicht, hängt einmal von seiner Geschicklichkeit, dann auch von seiner Vorbildung ab, und die ist in der Meteorologie sehr verschiedenartig. Die Vorbereitung auf der Universität ist höchst mangelhaft, besondere Kollegien über Meteorologie werden nicht gelesen und in der Experimentalphysik wird nichts davon gebracht. Der Student, der Interesse dafür hat, ist also auf die populäre Litteratur angewiesen, da die Fachlitteratur schwer zugänglich ist. Unsere Schullehrbücher der Physik bringen meist wenig oder nichts über Meteorologie, nur einige (z. B. Jochmann) haben besondere Abschnitte. Etwas besser ist es durch die Ferienkurse geworden. Dass der Lehrer zur Meteorologie eine aktive Stellung einnimmt, ist nicht grade häufig, denn es erfordert viel Arbeit, die Beobachtungsresultate zu verarbeiten. Immerhin finden sich neuerdings z. B. in Österreich Programmarbeiten, die dies thun, und es wäre wünschenswert, wenn namentlich in kleinen Städten die Lehrer der Meteorologie als Wissenschaft Geschmack abgewinnen könnten.

Um meteorologische Beobachtungen zu machen, braucht man nur eine kleine Zahl von Apparaten. Thermometer und Barometer sind immer vorhanden, Hygroskop und Psychrometer verursachen keine grossen Kosten, denn es kommt nicht darauf an, dass mit ihnen in der Schule wissenschaftliche Beobachtungen gemacht werden, sondern dass nur Anleitung zum Beobachten mit ihnen gegeben wird. Tafeln, z. B. Isothermentafeln, giebt es, vermisst werden nur noch

Wetterkarten in grossem Maassstab; es müssten z. B. typische Wetterkarten in der Form von Schulwandkarten hergestellt werden.

Was die Methode anbetrifft, so muss man ausgehen vom Experiment und von der Beobachtung durch die Schüler. Die Anwendung des Experimentes ist beschränkt (Blitz, Luftströmungen, Nebelbildung u. s. w.), für die Beobachtungen ist aber das Interesse der Schüler sehr gross, wenn man concrete Beispiele nimmt, bei denen der Schüler seine Beobachtungen prüfen kann, z. B. den Temperaturverlauf eines Tages, den Vorübergang eines Minimums, Beobachtung des Verlaufs und der Zahl der Gewitter. Oder es werden die Schüler angehalten, Beobachtungen zu bestimmten Terminen zu machen, die dann graphisch dargestellt werden. Das ist eine ausgezeichnete Vorbereitung für den Gebrauch der graphischen Darstellung und der Coordinaten überhaupt, hat aber auch noch einen ethischen Wert, da die Menschen ja im allgemeinen schwer daran zu gewöhnen sind, etwas regelmässig zu thun. Grossen Wert hat diese Anleitung der Schüler zu eigener Beobachtung auch für die Widerlegung des wissenschaftlichen Aberglaubens, der ja in der Meteorologie wie kaum in einer anderen Wissenschaft, die Medizin ausgenommen, wuchert. Der Schüler lernt bald, dass alle Wettervoraussagungen auf grössere Zeiträume unmöglich sind, dass also z. B. der Falbsche Kalender denselben Wert hat wie der hundertjährige. Dagegen lässt sich der Wert der wissenschaftlichen meteorologischen Beobachtung dem Schüler an der Hand der Wetterkarten durch die Theorie der Cyklone leicht verständlich machen (Sturmwarnungen), und die Schule hat die Pflicht dies zu thun. Wie das aber im einzelnen durchzuführen ist, wird nur kurz skizziert. Dabei wird hervorgehoben, dass man auf zusammenhängende Reproduktion durch die Schüler nicht rechnen darf, nur über die meteorologischen Verhältnisse ihrer Heimat müssen sie Auskunft geben können. Auch muss man sich hüten besonders neues oder Gesetze, die nur aus wenigen Beobachtungen gefolgert sind, in den Unterricht einzuführen.

Zum Schluss verwahrt sich der Vortragende noch dagegen, dass der Unterricht in der Meteorologie den Hauptunterricht zurückdrängen solle. Die Beobachtungen sollen nur dann gemacht werden, wenn die Zeit und das Schülermaterial es gestatten. Der Hauptunterricht aber muss systematisch bestehen bleiben. Wenn ein solcher Unterricht aber möglich ist, so wird er den Schülern eine Menge von Anregungen geben, die auch im späteren Leben noch fortwirken werden.

In der Diskussion wird dem Vortragenden die volle Zustimmung der Versammlung ausgesprochen und noch auf einige Punkte des Vortrags näher eingegangen, z. B. die Berücksichtigung der klimatologischen Verhältnisse im geographischen Unterricht, die Anleitung zur Beobachtung des Temperaturganges schon in den unteren Klassen.

Es folgte dann ein Vortrag des Herrn Prof. M. Möller (Braunschweig): „Zur Einführung in die physikalischen Bewegungsvorgänge.“ Nachdem von demselben darauf hingewiesen ist, wie sehr die erfolgreiche Anwendung der Physik in der Technik durch eine klare Vorstellung von den räumlichen Bewegungsvorgängen erleichtert wird, welche den Wirkungen der Naturkräfte zu Grunde liegen, wie da vor allem die Wirbel- und die Wellenbewegungen von der umfassendsten Bedeutung sind, wird betont, dass die Schule bis jetzt diesen Bewegungsvorgängen eine ihrer Bedeutung entsprechende Berücksichtigung nicht habe angedeihen lassen. An eine erfolgreiche Nutzanwendung der neueren Erkenntnisse über diese Bewegungsvorgänge sei deshalb nicht zu denken, obgleich diese im Grunde einfacher Natur seien, und nur deshalb schwer begreiflich erscheinen, weil man sich mit den elementarsten Erscheinungen nicht beschäftigt habe und deshalb plötzlich vor zu schwere Aufgaben gestellt werde. Der Schüler müsse die Vielgestaltigkeit der Wirbel sehen, wie sie ihre Spitze bald hierher bald dorthin kehren, wie steigende und fallende Ströme im Wirbel entstehen, je nachdem eine Verzögerung des Wirbels durch rauhe Flächen entsteht; es müsse im Unterricht gezeigt werden, wie stehende Wellen auf die Umwandungen des Raumes Druckkräfte zu äussern fähig sind, dass aber nur die fortschreitende Welle Träger eines Energiestromes in die Ferne sein kann. Es müsse ferner gezeigt werden, wie in Folge des Druckes in Richtung der Schwingung die in einem elastischen Medium erzeugte Wellenbewegung eine Ausdehnung desselben erstrebt und Arbeitsfähigkeit besitzt, beruhen doch darauf die Fernwirkungen z. B. der Elektricität. Die Fähigkeit der Wellen, in elastischen Mitteln Druckwirkungen in Richtung der Schwingungen ausüben zu können, beruhe darauf[1]), dass der Druck in den Wellenbergen höher ansteigt, als er in den Thälern unter den Anfangswert sinkt.

---

[1]) Man vgl. „*Das räumliche Wirken und Wesen der Elektricität und des Magnetismus*“ von *M. Möller. Verlag von Manz & Lange, Hannover.*

Eine weitere interessante Eigenschaft der Wellen sei die, bei der Ausbreitung von einem Centrum aus in der Umgebung des Centrums den statischen Druck durch Saugwirkungen zu verkleinern, so dass um jedes elektrisch erregte Centrum herum, z. B. um jeden Stromleiter, Räume verminderten Ätherdruckes entstehen. Die Schule habe also die Aufgabe, an einfachen Beispielen und passenden Experimenten die Bedeutung der Bewegungsvorgänge so zu erläutern, wie dies der neueren Richtung physikalischer Forschung und den Bedürfnissen der Technik entspricht; dann werde dadurch der Sinn für das Wesen der Naturvorgänge gehoben und das Verständnis für dieselben auf die Dauer des ganzen ferneren Studiums erleichtert.

Nach einer Pause, die benutzt wurde, um die naturwissenschaftliche Sammlung des Gymnasiums und einige Ausstellungen von Lehrmitteln zu besehen, berichtete Herr Direktor Dr. Schwalbe (Berlin): „Über Mustersammlungen physikalischer Apparate für höhere Schulen." Schon auf der vorigen Versammlung ist dafür eine Kommission gewählt. In Österreich hat eine spezielle Kommission einen Katalog aufgestellt und Mechaniker gewonnen, um die Apparate direkt nach den Angaben anzufertigen. Endlich hat der Brandenburgische Lehrerverein sich mit der Frage beschäftigt. Hier sollen nur einige allgemeine Gesichtspunkte gegeben werden. Schwierigkeiten erwachsen einer Aufstellung einer Normalsammlung physikalischer Instrumente für höhere Schulen zunächst aus der grossen Verschiedenheit der Etats, die meist zu niedrig sind, und den vielfach ungenügenden Räumen für die Sammlungen an den einzelnen Anstalten. Dass diesen Übelständen abgeholfen wird, ist also der erste Wunsch. Der zweite ist, dass der Etat für die physikalische Sammlung getrennt von den anderen gehalten wird, der dritte, dass auch Verbrauchsgegenstände, die die Schüler bei praktischen Arbeiten verwenden, von ihm getrennt werden. Andere Schwierigkeiten sind, dass man sich über eine Sammlung von Apparaten, die für alle Schulen passt, kaum wird einigen können, sowohl wegen der Individualität der Lehrer als auch wegen der verschieden weit gehenden Lehrziele. So viel kann man sagen, dass Messapparate von grosser Genauigkeit auszuschliessen sind, dass man aber im übrigen Parallelapparate wird aufstellen müssen. Eine günstige Gelegenheit, hier weiter zu kommen, bietet die Berliner Gewerbe-Ausstellung im nächsten Jahre, wo eine Ausstellung von Mustersammlungen für verschiedene Schulen und auch eine Ausstellung historischer Apparate veranstaltet werden soll. Der Vortragende bittet die Versammlung, eine Kommission zu wählen, deren Vorschläge für eine Mustersammlung dann gedruckt den Mitgliedern zugestellt werden, um auf der nächsten Versammlung beraten werden zu können. Bei diesen Vorschlägen wird man am besten zuerst die allgemeinen Apparate (Zimmerverdunkelung, Gas- und Wasserleitung, elektrischen Anschluss) berücksichtigen, dann die physikalischen Apparate nach dem Stoff. Dann wird die Frage zu erledigen sein, welche Apparate für die Unterstufe, welche für die Oberstufe bestimmt sind; eine Frage, die grosse Schwierigkeiten machen wird, da eine Einigung darüber, welcher Stoff in die Unterstufe gehört, noch nicht erzielt ist. Die Kommission müsste ein Mitglied aus jeder Provinz enthalten, das Erhebungen über den augenblicklichen Stand der Frage an den einzelnen Schulen veranstaltet.

Nach einer kurzen Diskussion wählt die Versammlung dem Vorschlage des Vortragenden entsprechend eine Commission von fünf Mitgliedern (Prof. Adolph-Elberfeld, Prof. J. Lange-Berlin, Prof. Pietzker-Nordhausen, Dr. Schotten-Schmalkalden, Dr. Götting-Göttingen), mit der Ermächtigung andere Mitglieder heranzuziehen und auch die Mitwirkung der Provinzialvereine zu gewinnen.

In der zweiten allgemeinen Sitzung am 5. Juni hielt Herr Geheimrat Prof. Dr. Baumann (Göttingen) einen Vortrag „Über die Bedeutung der Naturwissenschaften für eine wissenschaftliche Lebensauffassung". Es folgten geschäftliche Angelegenheiten, darunter ein Vorschlag des Herrn Univ.-Prof. F. Klein, auf die Tagesordnung der nächsten Versammlung die Frage des technischen Unterrichts zu setzen, soweit diese mit den Tendenzen des Vereins zusammenhänge, also z. B. die Rückwirkung auf den Schulunterricht, Ausbildung der Kandidaten etc. Seinem Antrage gemäss wird für diese Frage ein Referent und ein Korreferent gewählt, und zwar Herr Direktor Holzmüller (Hagen i. W.) und Herr Direktor Schwalbe (Berlin). Als Ort für die nächste Versammlung wird Elberfeld festgesetzt. An Stelle der ausscheidenden Vorstandsmitglieder werden Direktor Hamdorff (Guben), Oberl. Dr. Schotten (Schmalkalden) und Oberl. Presler (Hannover) gewählt. Dann wird der Antrag des Vorstandes, die im Verlage von O. Salle, Braunschweig, erscheinenden „Unterrichtsblätter für Mathematik und Naturwissenschaft", herausgegeben von Direktor Schwalbe und Prof. Pietzker, zum Vereinsorgan zu wählen, angenommen. In dieser Zeitschrift werden auch die oben angegebenen Vorträge ausführlich veröffentlicht.

Nachmittags 3 Uhr fand noch eine Besichtigung der Universitätsinstitute statt und der folgende Tag vereinigte noch eine Zahl der Versammlungsteilnehmer zu einer Fahrt in die Umgebung Göttingens.

Dr. E. Götting, Göttingen.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Elektrische Messinstrumente für Schulzwecke.

Von Hartmann & Braun in Bockenheim-Frankfurt a. M.

Die Construktion der vorliegenden Collektion billiger elektrischer Messinstrumente ist angeregt worden durch vielfache Nachfrage bezügl. möglichst einfacher, aber nach präzisionsmechanischen Grundsätzen ausgeführter Apparate zur experimentellen Erklärung des Ohmschen Gesetzes, wodurch frühzeitig das Verständnis für die elektrischen Maasse geweckt wird, deren Kenntnis bei der zunehmenden Nutzbarmachung elektrischer Energie für so manche Bedürfnisse im praktischen Leben vorteilhaft ist. Sämtliche Instrumente sind einheitlich construiert und so angeordnet, dass jeder wirksame Teil selbst aus grösserer Entfernung wahrnehmbar ist, insbesondere aber die Skalen deutlich ablesbar sind. Dabei gestatten die Instrumente, Messungen mit verhältnismässig grosser Genauigkeit vorzunehmen, so dass sie auch dem Lehrer zu eigenen Arbeiten dienlich sein können, zu welchem Zweck einige der Apparate mit besonderen feineren Skalen versehen sind. Die Holzteile sind aus matt poliertem Mahagoni hergestellt, die Metallteile einfach in der Form, aber sauber ausgeführt. Auf Fussschrauben ist verzichtet worden; die Apparate funktionieren auf halbwegs ebenen Tischen ohne weiteres; im übrigen werden flache Holzkeile beigegeben, um nach Quincke die Horizontierung vornehmen zu können. — Die Mehrzahl dieser Instrumente ist unter Gebrauchs-Musterschutz gestellt.

1. Schulgalvanometer. (No. 580.)

Das Schulgalvanometer ist so construiert, dass es zerlegt und vor den Augen der Schüler unter Erklärung der einzelnen Teile etwa in folgender Weise aufgebaut werden kann: Man schiebe den einen Magnet in die untere Hülse des Gehänges: Kompass bezw. Magnetometer. Man stelle die eine Spule parallel gegen den Magnet: einfaches Galvanometer. Ebenso stelle man die andere Spule, beide Windungen hintereinander oder parallel geschaltet, event. verschiebe man die beiden Spulen symmetrisch zum Magnet: Variation der Empfindlichkeit. Man setze die Kupferhülse in den Hohlraum der Spulen: Gedämpfte Schwingungen. Man schalte die Windungen der beiden Spulen gegeneinander: Differential-Galvanometer. Man schiebe den anderen Magnet in die obere Hülse: astatisches Galvanometer.



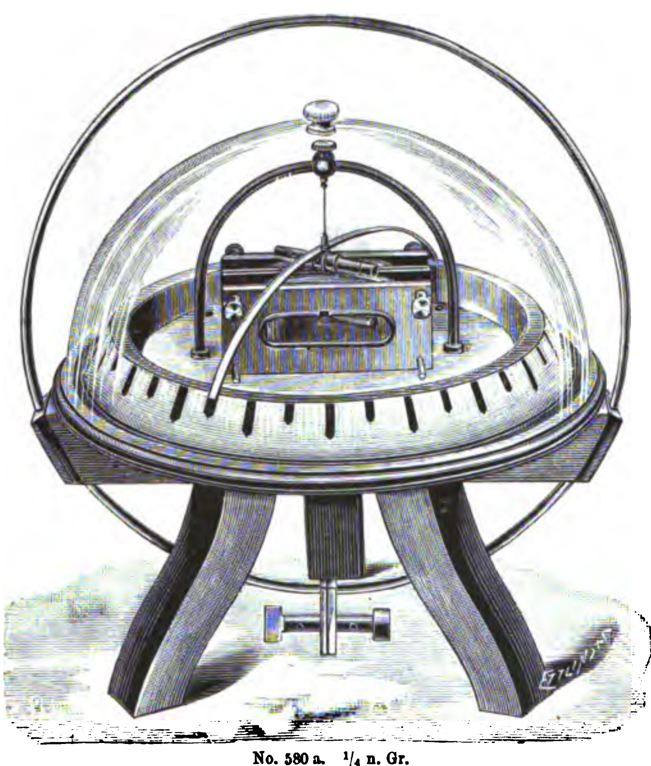
No. 580. 1/4 n. Gr.

Die Magnete sind einerseits im Interesse der Verringerung des Trägheitsmoments, und andererseits um sie möglichst gross und deutlich sichtbar zu machen, aus dünnwandigem Stahlrohr hergestellt. Der Zeiger ist gegen den Magneten drehbar, so dass dessen Spitze stets gegen die Schüler gerichtet werden kann, nachdem die Windungen der Spulen parallel zur Polachse des Magnets bezw. in den magnetischen Meridian gebracht worden sind.

Das Galvanometer hat eine von 10 zu 10° geteilte Skale für die Schüler, und eine zweite Skale, letztere in einzelne Grade geteilt, für den Lehrer; die Empfindlichkeit mit einem Magnet, also ohne Astasierung, bei hintereinandergeschalteten Windungen ist 1° Ausschlag = 0,00004 Amp. Preis M. 75,—.

Hierzu ein Tangenten-Bussolenring (vergl. No. 580a auf folg. S.) aus Kupfer, auf einem Dreifuss von Holz montiert, auf dessen runde Tischplatte die Grundplatte des Galvanometers zentrisch drehbar passt. Preis M. 30,—.

In der Zusammenstellung als Tangenten-Bussole eignet sich das Instrument zur Messung von Stromstärken bis 15 Amp. (10 Amp. = 60° Ausschlag). Um dem Lehrer zu ermöglichen, auch genauere Messungen zu machen, wird der grosse Zeiger gegen einen anderen speziell zur Ablesung der feineren Skale vertauscht.



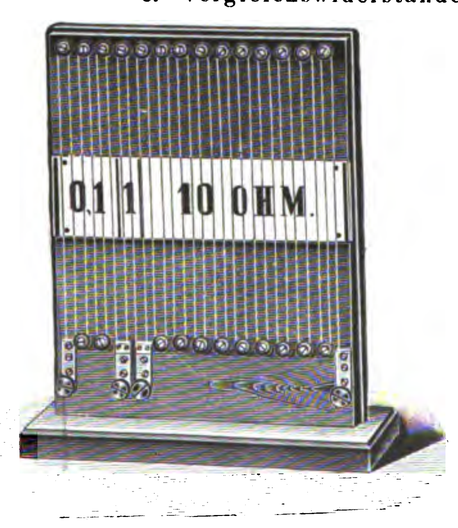
No. 580 a. 1/4 n. Gr.

2. Messdraht für eine Widerstandsbrücke. (No. 581.)

Ein Messdraht aus Constantan von 1 m Länge ist über einen in Millimeter geteilten Maassstab zwischen zwei Doppelklemmen gespannt. Die den Schülern zugewendete Seite des Holzsockels ist in breiten schwarzen Linien auf weissem Grunde, daher auf grössere Entfernung sichtbar, von 5 zu 5 cm, die mittleren 4 Decimeter in einzelne Centimeter geteilt. Messbereich in Verbindung mit dem vorstehenden Galvanometer und den nachfolgenden Vergleichswiderständen 0,01 bis 100 Ohm. Preis M. 30,—.

Je eine Klemme am linken und rechten Ende des Messdrahts verbinde man mit den beiden Polen einer Stromquelle (1—3 Elemente); an die beiden anderen Klemmen lege man je ein Ende des Vergleichswiderstands und des zu messenden Widerstands, deren beide andere Enden mit einander zu verbinden sind. Zwischen diese Verbindungsstelle und die Klemme des Schleifkontakts schalte man das Galvanometer.

3. Vergleichswiderstände für Schulzwecke. (No. 582.)



No. 582. 1/6 n. Gr.

Die Vergleichswiderstände sind aus induktionsfrei gespannten offenen Drähten hergestellt. Der kleinste Widerstand von 0,1 Ohm besteht aus drei Schleifen von Kupfer, ein anderer von 1 Ohm aus einer Schleife von Neusilber, der dritte von 10 Ohm aus 10 Schleifen desselben Materials; sämtliche Drähte sind von gleicher Dicke, so dass einerseits der Unterschied der Leitungsfähigkeit beider Materialien, andererseits das Verhältnis von Länge und Widerstand direkt zu demonstrieren ist. Der Widerstand von 10 Ohm ist in der Mitte geteilt und mit einer Abzweigeklemme für 2 × 5 Ohm versehen, so dass diese beiden gleichen Widerstände auch zur Stromverzweigung für eine Wheatstonesche Brücke mit variablem Vergleichswiderstand benutzt werden können; als solcher kann unter Umständen wiederum der vorerwähnte Messdraht dienen.

4. Demonstrations-Telephon. (No. 586.)

Dieses Telephon enthält die wesentlichen Teile, Magnet, Induktionsspule, Membrane in sichtbarer Anordnung auf einem Grundbrett montiert und bequem zerlegbar. Es ist verwendbar als Wechselstrom-Instrument bei Widerstandsmessung von Flüssigkeiten, z. B. des inneren Widerstands von Elementen, wofür das Galvanometer bekanntlich nicht ohne weiteres benutzbar ist. Die Anordnung des zu messenden Widerstands und des Vergleichswiderstands an der Brücke bleibt hierbei dieselbe; anstatt der Elemente ist aber die sekundäre Spule des Induktionsapparats (s. u. 7.) an die Enden des Messdrahts zu legen. Preis M. 15,—.

5. Schul-Voltmeter. (No. 583.)



No. 583. 1/6 n. Gr.

Als einfachstes Prinzip zur Herstellung eines direkt zeigenden Galvanometers darf ohne Zweifel das dem Kohlrauschschen Federgalvanometer zu Grunde gelegte angesehen werden: Ein Eisenkern wird in ein Solenoid eingezogen; als Gegenkraft dient eine auf Ausdehnung beanspruchte Feder; die Tiefe der Einziehung giebt ein Maass für die an den Enden des Solenoids herrschende Spannung bezw. für die dasselbe durchfliessende Stromstärke. Um diese relativ geringe Einziehung dem Schüler in vergrössertem Maasse zu zeigen, wirken bei vorstehenden Schulinstrumenten sowohl Eisenkern als Feder an einem Hebel, der mit einer Drehungsachse nebst Zeiger verbunden ist. Messbereich von 0,5 bis 3 Volt, also geeignet zur Messung der Spannung einzelner galvanischer Elemente, nebst Zusatzwiderstand vom Neunfachen des Solenoid-Widerstands zur Vergrösserung des Messbereichs auf 30 Volt. Preis M. 40,—.

6. Schul-Ampèremeter. (No. 584.)

Die Construktion des Ampèremeters ist im wesentlichen dieselbe, wie beim Voltmeter und die Ausführung unterscheidet sich lediglich durch die Wickelung des Solenoids und durch die Aichung. Beiden Instrumenten wird der Strom an der linksseitigen und an der mittleren Klemme zugeführt. Während beim Voltmeter die Modifikation der Empfindlichkeit bezw. die Vergrösserung des Messbereichs durch Lösung der Verbindung zwischen der mittleren und rechtsseitigen Klemme geschieht, wird beim Ampèremeter der auf der Rückseite des Instruments angebrachte Nebenschluss (Shunt) durch Einlegen des Verbindungsstückes der mittleren und rechten Klemme bewirkt. Hat man im Voraus nicht angenähert eine Kenntnis von der vorhandenen Spannung oder Stromstärke, so versuche man deren Messung stets zunächst mit verminderter Empfindlichkeit, also mit vorgeschaltetem Widerstand bezw. mit angelegtem Nebenschluss. Messbereich von 0,2 bis 2 Amp., der durch den Nebenschluss von ein Viertel des Solenoid-Widerstands auf 10 Amp. erweitert werden kann. Preis M. 40,—.



No. 584. 1/6 n. Gr.

7. Induktionsapparat. (No. 585.)

Die Spulen dieses Apparates sind sehr sorgfältig isoliert; die Sekundärspule ist verschiebbar. Im Fusse befindet sich ein Condensator, welcher ein- und ausschaltbar und den Schülern separat vorzuzeigen ist. Der Apparat ist vielfach verwendbar. Mit einigen Elementen gespeist eignet er sich als Erzeuger von Wechselströmen, wie solche z. B. nötig sind bei der Widerstandsmessung von Elektrolyten mit Hilfe des Telephons; er bringt Geisslersche Röhren zu lebhaftem Leuchten und kann auch als Transformator dienen zur Demonstration der Umformung niedrig gespannten Stroms in höher gespannten oder umgekehrt unter Verwendung kleiner Glühlämpchen, endlich kann er in Verbindung mit dem Schulgalvanometer zu den Faradayschen Induktionsversuchen dienen, zu welchem Zweck als Ersatz für den Eisenkern noch ein Magnetstab mitgeliefert wird. Verhältnis der Windungszahl beider Spulen ungefähr 1 : 10. Preis M. 80,—.

Himmelserscheinungen im September und Oktober 1895.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♁ Erde, ☉ Sonne, ♂ Mars,
♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☌ Conjunktion, □ Quadratur, ☍ Opposition.

	September						Oktober						
Monatstag	3	8	13	18	23	28	3	8	13	18	23	28	
Helio-centrische Längen.	211°	226	240	254	268	282	297	314	332	354	19	47	☿
	331	339	347	355	3	11	19	27	35	43	51	59	♀
	341	346	350	355	0	5	10	15	20	25	30	35	♁
	180	183	185	187	189	192	194	197	199	201	203	206	♂
	112	113	113	114	114	115	115	115	116	116	117	117	♃
	218	218	218	219	219	219	219	219	220	220	220	220	♄
Aufst. Knoten.	343°	343	342	342	342	342	341	341	341	340	340	340	☾
Mittl. Länge.	331	37	103	169	235	301	7	72	138	204	270	336	☾
Geo-centrische Recta-scensionen.	335°	28	97	170	239	309	3	64	137	204	278	339	☾
	176	183	190	196	202	207	212	216	218	217	212	207	☿
	180	178	176	173	171	169	167	167	167	169	171	173	♀
	162	167	171	176	180	185	189	194	198	203	208	213	☉
	174	177	180	183	186	189	192	195	198	201	204	207	♂
	122	123	124	125	126	127	127	128	129	129	130	130	♃
	212	212	213	213	214	214	215	215	216	217	217	218	♄
Geo-centrische Dekli-nationen.	−12°	+16	+28	+ 4	−26	−22	+ 4	+26	+19	−14	−28	− 9	☾
	+ 3	− 1	− 5	− 8	−11	−14	−16	−18	−18	−17	−15	−11	☿
	− 8	− 8	− 8	− 7	− 5	− 3	− 2	− 1	+ 0	+ 1	+ 1	+ 1	♀
	+ 8	+ 6	+ 4	+ 2	− 0	− 2	− 4	− 6	− 8	−10	−11	−13	☉
	+ 4	+ 2	+ 1	− 0	− 2	− 3	− 4	− 6	− 7	− 8	−10	−11	♂
	+20	+20	+20	+20	+20	+20	+19	+19	+19	+19	+19	+19	♃
	−11	−11	−11	−11	−11	−11	−12	−12	−12	−12	−12	−13	♄
Aufgang.	17^h17^m	17.25	17.33	17.42	17.50	17.59	18.7	18.16	18.25	18.34	18.43	18.52	☉
	6^h36^m	7.23	10.36	18.21	0.28	4.20	5.11	6.37	12.42	20.24	1.26	3.3	☾
Untergang.	6^h42^m	6.31	6.19	6.7	5.55	5.43	5.32	5.20	5.9	4.57	4.47	4.37	☉
	17^h14^m	23.20	4.2	5.51	7.19	12.35	18.37	24.57	3.29	4.34	7.48	14.1	☾
Zeitglchg.	-0^m41^s	−2.21	−4.5	−5.51	−7.36	−9.18	−10.55	−12.23	−13.41	−14.45	−15.34	−16.6	☉

Daten für die Mondbewegung (in Berliner Zeit):

September 3 $18^h 48,^m9$ Vollmond
" 3 11 Mond in Erdferne
" 11 17 44,5 Letztes Viertel
" 17 20 Mond in Erdnähe
" 18 9 49,0 Neumond
" 25 7 16,3 Erstes Viertel
" 30 15 Mond in Erdferne

Oktober 3 $11^h 41,^m0$ Vollmond
" 11 3 27,8 Letztes Viertel
" 16 6 Mond in Erdnähe
" 17 19 3,6 Neumond
" 24 23 57,6 Erstes Viertel
" 28 5 Mond in Erdferne.

Constellationen. September: 1 0^h ☿ ☌ ♂, ☿ 0° 1′ südlicher; 3 Mondfinsternis, siehe unten; 14 18^h ♃ ☌ ☉; 18 unsichtbare Sonnenfinsternis; 18 6^h ♀ ☌ ☾; 18 14^h ☿ in Sonnenferne; 18 19^h ♀ untere ☌ ☉, wird Morgenstern; 19 0^h ♂ ☌ ☾; 20 3^h ☿ ☌ ☾; 21 5^h ♃ ☌ ☾; 22 20^h ☉ in der Wage, Herbstnachtgleiche; 23 11^h α *Scorpii* vom ☾ bedeckt. — Oktober: 1 12^h ☿ in grösster östlicher Ausweichung; 10 22^h ♂ ☌ ☉; 12 10^h ♃ ☌ ☾; 15 6^h ♀ ☌ ☾; 17 18^h ♂ ☌ ☾ 18 20^h ☿ ☌ ☾; 18 21^h ♄ ☌ ☾; 25 11^h ☿ untere ☌ ☉, wird Morgenstern; 27 21^h ☿ ☌ ♂, ☿ 0° 31′ südlicher; 28 19^h ♀ im grössten Glanze = 47,7 × α *Lyrae*; 31 8^h ♃ □ ☉.

Totale Mondfinsternis am 3. September. Elemente nach Berliner Zeit, die durch Addition von $6,^m4$ in M. E. Z. zu verwandeln ist: Anfang überhaupt September 3 $16^h 53,^m4$ (also bürgerlich am Morgen des 4. September $4^h 59,^m8$ M. E. Z.); Anfang der Totalität $17^h 59,^m9$; Mitte der Finsternis $18^h 50,^m6$; Ende der Totalität $19^h 41,^m3$; Ende überhaupt $20^h 47,^m9$; Monduntergang $17^h 14^m$, so dass in Berlin und dem Osten kaum etwas von der Erscheinung zu sehen ist; im westlichen Europa wird sich kurz vor dem Untergange des Mondes etwas beobachten lassen.

Meteore. Im Sept. nur schwache Maxima; bedeutendere Zahlen ergeben sich Okt. 17—24.

Das **Zodiakallicht** ist in beiden Monaten gegen 16^h am Osthimmel aufzufinden.

Veränderliche Sterne. 1) Algols-Minima treten ein Septbr. 4 15^h, 7 11^h, 10 8^h, 24 16^h, 27 13^h, 30 10^h; Oktbr. 17 15^h, 20 12^h, 23 9^h. — 2) Zu den für Juli und August genannten Sternen treten in den späteren Nachtstunden noch ζ, η *Geminorum*; α, δ *Orionis*. *J. Plassmann, Warendorf.*

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Otto Lange in Berlin C.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

VIII. Jahrgang. **Siebentes Heft.** Oktober 1895.

Experimentelle Einführung in die Theorie der Magnet-Induktion unter Zugrundelegung der Theorie der magnetischen Kraftlinien.

(II. Teil.)

Von

Dr. **P. Szymański**, Subdirektor der I. Handwerkerschule in Berlin.

Im VII. Jahrgange dieser Zeitschrift habe ich einige Apparate beschrieben und Versuche angegeben, die sich zur Einführung in die Theorie der Induktion, wie dieselbe von der modernen Elektrotechnik verlangt wird, eignen und einen experimentellen Aufbau der Theorie gestatten. Von einfachen experimentellen Thatsachen ausgehend gelangt man zu allgemeinen, das ganze Gebiet der Induktionserscheinungen beherrschenden Gesetzen, die durch das Prinzip der Energie verkettet werden und in demselben ihre Erklärung finden. Die Anwendung dieser Gesetze auf compliciertere Erscheinungen bietet ein ausgezeichnetes Beispiel einer mit der induktiven Methode verflochtenen Deduktion dar, die den Geist des Lernenden im subtilen mathematisch-physikalischen Denken zu schulen geeignet ist. Die sich leicht ergebenden quantitativen Beziehungen eröffnen dem Lehrer für den Unterricht ein neues Gebiet von mathematisch-physikalischen Übungsaufgaben aus dem Kapitel der Elektricität und des Magnetismus, das nicht allein die üblichen Anwendungen des Ohmschen Gesetzes umfasst, sondern auch eine Reihe von praktischen, den Schüler interessierenden Beispielen darbietet, auf deren Behandlung man verzichten muss, falls man die alte Darstellungsart der Induktion bevorzugt. Wenn man die Gesetze auf eine solche der Praxis entsprechende Art entwickelt, so läuft man keineswegs Gefahr, den Schüler zu einem Elektrotechniker auszubilden. Die Gesetze sind an und für sich interessant und die Entwickelungen sehr geeignet, das Denken der Schüler anzuregen und zu üben. Die Thatsache, dass dabei auch etwas für die Praxis abfällt, ist keineswegs ein Mangel, sondern vielmehr ein Vorzug der Methode. Ein weiterer Vorzug dieser Darstellung ist der, dass man auf eine ungemein leichte Weise die Definition und den Zusammenhang der absoluten elektrischen Einheiten gewinnt, deren Grundzüge wohl heutzutage auch einem gebildeten Laien bekannt sein sollten.

Das Haupthindernis, diese Methode im elementaren Unterrichte zu verwenden, lag meiner Ansicht nach nur darin, dass nicht jede Anstalt im Stande war, sich ein Galvanometer anzuschaffen, wie solches zum Gelingen der Versuche nötig ist[1]). Nachdem es mir gelungen ist, ein Spiegelgalvanometer zu construieren, welches bei einfacher Ausführung und sehr mässigem Preise[2]) die geforderte Empfindlichkeit besitzt, so dass mit demselben die subtilsten Versuche gelingen,

[1]) Ich benutzte früher Thomsons astatisches Spiegelgalvanometer nach du Bois und Rubens, welches von der Firma Keiser & Schmidt, Berlin zum Preise von 400 M. geliefert wird.

[2]) Das Instrument liefert die Firma Keiser & Schmidt in Berlin, in sorgfältiger Ausführung zum Preise von 87,50 M. Alle in dem früheren und dem vorliegenden Aufsatz beschriebenen Apparate und Einrichtungen werden ebenfalls von derselben Firma angefertigt.

glaube ich, die Einführung der besprochenen Methode der Begründung der Induktionserscheinungen in den elementaren Unterricht wesentlich erleichtert zu haben, und werde nach einer Beschreibung des Instrumentes eine weitere Reihe von Versuchen angeben, die zum Teil bereits bekannt sind und hier nur in einer einfachen Form dargestellt werden, zum Teil aber auch neu sein dürften. Dieselben bilden eine Fortsetzung der früher beschriebenen und bestätigen zum Teil die früher gewonnenen Gesetze, zum Teil bieten sie eine Anwendung der Fundamentalgesetze auf complicierte Fälle der Induktionserscheinungen dar. Ich bemerke hierbei, dass die folgenden Versuche keineswegs ein zusammenhängendes Ganze bilden, sondern beliebig je nach der Zeit und dem Umfange des Unterrichtes herausgegriffen und vorgeführt werden können.

I. Beschreibung des Galvanometers.

Das Instrument ist in der Hauptsache dem Thomson'schen astatischen Spiegelgalvanometer nachgebildet. Die Construktion der die Empfindlichkeit bedingenden Teile und die wesentlichste Anordnung derselben ist dem von Rubens und Du Bois modificierten astatischen Thomson'schen Galvanometer der Firma Keiser & Schmidt in Berlin entnommen. Die Änderung in der Construktion bezieht sich hauptsächlich auf das Material und die Montierung der Teile, die ein bequemes Auseinandernehmen, Aufstellen und Justieren des Instrumentes gestattet.

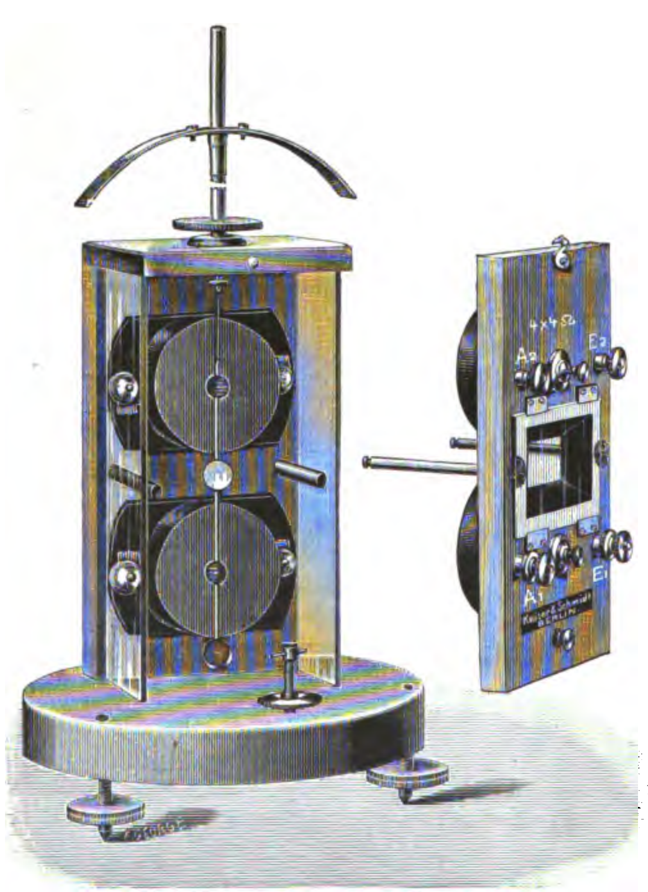


Fig. 1.

Auf einem mit drei Stellschrauben versehenen Holzfuss (Fig. 1) erheben sich vertikal und parallel zu einander zwei Holzwände, von denen die eine mit dem Fuss fest verschraubt ist, die andere in paralleler Richtung verschoben und von dem Fuss entfernt werden kann. Die parallele Verschiebung wird gesichert einerseits durch die an der festen (hinteren) Wand befestigten Schubhülsen, andererseits durch die an der beweglichen Wand angebrachten Schubstangen, deren Enden bei Zusammensetzung des Apparates über die hintere Wand hinausragen und durch Drehung einer (in der Figur nicht sichtbaren) an der Hinterwand angebrachten Klammerklemmung festgeklemmt werden, wodurch die Vorderwand in richtiger Lage gegen die übrigen Teile des Gestelles fixiert wird. An

der festen Wand ist mittelst eines Scharniers ein nach hinten zurückklappbarer Deckel befestigt, der eine um ihre Axe drehbare mit einem verschiebbaren Richtmagneten versehene Stange trägt. Der Galvanometerkasten wird durch zwei in Nuten zwischen den Holzwänden gesicherte Glaswände vervollständigt. Die beiden, das bewegliche Nadelsystem umgebenden Spulen, bestehen aus je zwei Hälften, die zu zweien auf der festen und beweglichen Wand mit Hilfe der Spulenträger *ST* und der Klemmen in einer aus Figur 2 ersichtlichen Weise befestigt sind.[3]) Dieselben sind, um der theoretischen Forderung der grössten Feldstärke bei gegebenem Spulenraum und gegebenem Widerstande (resp. gegebener Stromstärke) praktisch möglichst zu genügen, schalenförmig aus Kupferdrath von drei verschiedenen Stärken in einer aus der Figur ersichtlichen Weise gewickelt, so dass innerhalb der Spule nur ein kleiner Raum übrig bleibt, in welchem sich der aus Messing hergestellte Spulenträger *ST* befindet.[4]) Der letztere besteht aus einem cylindrischen Raum zur Aufnahme des Nadelsystems und einem engeren Halse *HH'*, durch welchen ein Stift mit mässiger Reibung verschoben werden kann. Das im weiteren Raum des Spulenträgers befindliche Ende des Stiftes trägt eine runde Dämpferplatte, durch deren Verschieben der Nadelraum weiter oder enger gemacht werden kann. Der Widerstand einer jeden Spulenhälfte ist dem speciellen Zweck entsprechend auf 4 Ohm justiert; durch combinierte Schaltungen derselben, die sich mit Hilfe der Klemmen ausführen lassen, kann man den Gesamtwiderstand 16, 4 und 1 Ohm herstellen. Das astatische Nadelpaar besteht aus zwei Systemen von kleinen aus Uhrfedern hergestellten Magnetnadeln, die an einem dünnen Draht befestigt sind (Fig. 3). In der Mitte zwischen den beiden Nadelsystemen ist ein leichtes Rähmchen (*R*) aus steifem Papier um den Nadelstiel drehbar angebracht, welches einen leichten Spiegel trägt. Das untere Ende des Nadelstiels ist mit einer leichten Scheibe versehen, welche in dem Instrument zwischen zwei in den unteren Teilen der Holzwände verschiebbar angebrachten Dämpferplatten schwebt, welche Einrichtung in Gemeinschaft mit den in Spulenträgern angebrachten Dämpferplatten eine regulierbare Luftdämpfung bezweckt und gleichzeitig zur Arretierung des Nadelsystems gebraucht werden kann. Das ganze Nadelsystem wird an einen kleinen Wirbel mittelst eines möglichst einfachen Coconfadens in der aus Fig. 3 ersichtlichen Weise angehängt und mittelst des Wirbels in dem unter dem Deckel des Instrumentes angebrachten Arm befestigt, in welchem sich der Wirbel mit mässiger Reibung auf- und abwärts bewegen und drehen lässt. Zur bequemen Befestigung eines neuen Coconfadens wird dem Instrument eine Holzschablone beigegeben, in welcher das Nadelsystem und der Befestigungswirbel in richtiger Entfernung fixiert werden, sodass der Coconfaden die richtige Länge erhält. Die bewegliche (vordere) Wand besitzt, dem Spiegel des Nadelsystems gegenüber eine Öffnung (Fenster), welche durch eine seitlich verschiebbare

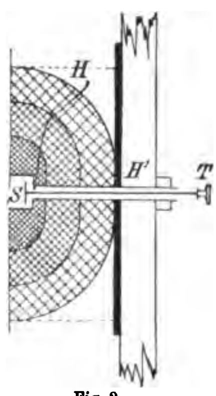


Fig. 2.

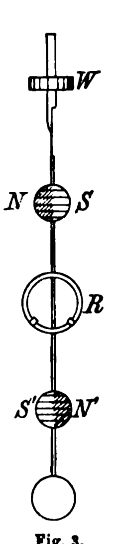


Fig. 3.

[3]) Der Vollständigkeit halber lasse ich hier das Wichtigste über die Wickelung der Spulen und das Nadelsystem des Thomson'schen Galvanometers folgen. Vergl. auch *Elektrot. Zeitschrift. Jahrgang XV. S. 321.*

[4]) Der Billigkeit halber wurde zu den Spulenträgern statt des Kupfers Messing benutzt.

Glasplatte verschlossen wird. Auf dem Fuss des Instrumentes steht vor der Vorderwand ein kleiner horizontaler Magnet, der mit dem Säulchen um die vertikale Achse drehbar ist und zur feineren Einstellung des Nadelsystems dient.

Die Bewegungen des Nadelsystems werden in der bekannten Weise mit Hilfe eines von dem Spiegel reflektierten Lichtzeigers auf einer Skala sichtbar gemacht. Nunmehr mögen noch einige Bemerkungen betreffend das Aufstellen, Justieren und die Handhabung des Instrumentes Platz finden, die obwohl bekannt doch vielleicht manchem, der wenig Gelegenheit hatte mit Spiegelgalvanometern zu arbeiten, willkommen sind.

Das Instrument wird aufgestellt auf einem Konsol, das an einer erschütterungsfreien Stelle der Wand so angebracht ist, dass die dem Galvanometer gegenüber angebrachte Skala möglichst von allen Plätzen des Lehrzimmers bequem beobachtet werden kann. Es empfiehlt sich im allgemeinen eine Anordnung, wie sie in der nebenstehenden Skizze Fig. 4 angedeutet ist. *F* bedeutet darin die Fensterseite des Lehrzimmers, in dessen Ecke beim Experimentiertisch die Skala *SS'* angebracht ist; das Galvanometerkonsol befindet sich bei *C*. Das Konsol wird in einer Höhe von etwa 2 m, die Skala in entsprechender Höhe an der Wand oder noch besser mit Hilfe von Schnüren und Rollen an der Decke so angebracht, dass sie in vertikaler Richtung verschoben werden kann. Zum Sichtbarmachen des auf der Skala projizierten Lichtzeigers genügt eine mässige Verdunkelung des Zimmers. Gewöhnlich wird die Verdunkelung des einen am Experimentiertisch liegenden Fensters ausreichen, so dass der Experimentiertisch durch die übrigen Fenster hinreichend hell beleuchtet wird. An der vorderen Kante des Konsolbrettes wird die zur Erzeugung des Lichtzeigers erforderliche Beleuchtungsvorrichtung drehbar in der Horizontalebene befestigt (Fig. 5). Als Lichtquelle eignen sich besonders gewöhnliche kleine Glühlampen (6 bis 8 Volt). An der drehbaren Stange *AB* der Beleuchtungsvorrichtung sind zwei Reiter *RR'* [5]) mit Stativen angebracht, von denen das eine zur Befestigung der Linse *L*, das andere zur Befestigung der Glühlampe *J* dient. Die Skala wird am einfachsten aus einem etwa 20 cm breiten und gegen 3 m langen Streifen aus starker Pappe hergestellt. Derselbe wird mit weissem Papier beklebt und die Teilstriche werden bequemer statt mit Tusche durch Aufkleben von schmalen Streifen matt schwarzen Papiers markirt. Die Breite der Strichstreifen kann man etwa 4 mm wählen, die Länge etwa 5 cm; die Fünfer und Zehner werden durch etwas längere Streifen angedeutet und der Zehnerstrich ausserdem mit Zahlen, 0,1 . . . markiert. Die Länge der Intervalle wählt man etwa 2 cm (von Mitte zu Mitte der Striche). Das Galvanometer wird nun auf dem Konsol so aufgestellt, dass es symmetrisch steht gegen die Schieber-

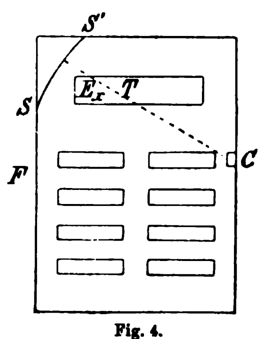


Fig. 4.

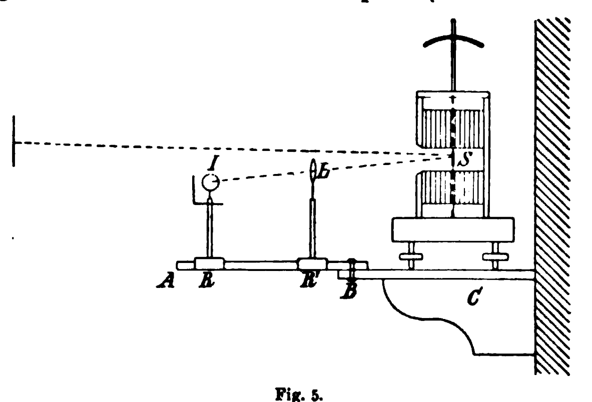


Fig. 5.

[5]) Es können dazu die Aufsätze einer kleinen optischen Bank benutzt werden.

stange der Beleuchtungsvorrichtung, die vorher nach dem Augenmaass so fixiert wurde, dass ihre Verlängerung ungefähr den Nullpunkt der Skala trifft. Eine genaue Stellung findet man dadurch, dass man das durch die Linse entworfene und von der Fensterplatte des Galvanometers (nicht von dem Spiegel) reflektierte lichtschwache aber ziemlich gut sichtbare Bild des glühenden Fadens aufsucht und das Galvanometer so dreht, dass das Bild auf die Mitte der Skala fällt. Dabei wird man der Glühlampe eine etwas tiefere Stellung geben, als der Linse, damit der Lichtstrahl über der Lampe hinweg ungestört sich bis nach der Skala ausbreiten kann, wie dies in der Figur 5 angedeutet ist. Damit der Beleuchtungsschieber keine zu grosse Länge annimmt, wählt man den Focus der Linse so, dass bei einem Abstande der Glühlampe vom Galvanometer von etwa 30 bis 40 cm das Bild auf der Skala scharf erscheint, wenn die Linse ziemlich an der Kante des Konsolbrettes steht. Bei dieser ersten Justierung der Lage des Galvanometers wird man darauf achten, dass der vorläufig durch die unteren Dämpfer arretierte Spiegel möglichst in der Mitte des von der Linse kommenden Bündels sich befinde, was man durch Verschiebung des Galvanometers, durch Änderung der Höhe der Linse resp. Glühlampe und eventuell durch Horizontaldrehen der Beleuchtungsvorrichtung leicht erreicht. Darauf entfernt man das Säulchen mit dem kleinen Richtmagneten, den grossen Richtmagneten und die Vorderwand des Galvanometers und richtet mit Hilfe der Stellschrauben das ganze Gestell so, dass das Nadelsystem nach Zurückrichtung der sämmtlichen Dämpfer frei und der Nadelstiel oben und unten gleich weit von den Spulenflächen schwebt. In dieser Stellung des Galvanometers wird nun die Vorderwand heraufgeschoben und durch die Klemmvorrichtung festgeklemmt, der kleine Richtmagnet an der Bodenplatte und zwar zunächst parallel der Spulenebene befestigt. Hierauf wird der grosse Richtmagnet auf dem Träger befestigt und dicht an den Deckel heruntergeschoben bei einer solchen Lage der Pole, dass die Ebene des Nadelsystems aus der vorläufigen Lage nach einer Drehung um einen spitzen Winkel in die Spulenebene gebracht wird, was man an der unteren Dämpfervorrichtung bequem sehen kann. Um nun dem Nadelsystem und dem Spiegel genau die Parallelstellung mit den Windungsebenen der Spulen zu geben, schiebt man die beiden unteren Dämpferplatten so nahe zusammen, dass das kleine Plättchen, und damit das ganze Nadelsystem in dieser Stellung geklemmt wird. Die richtige Parallelstellung des an dem Nadelstiel drehbaren Spiegelchens erreicht man dadurch, dass man die Linse oder Glühlampe so lange verschiebt, bis das Bild des Fadens der Lampe, welches nach Zurückschieben der Fensterscheibe des Galvanometers nunmehr durch Spiegelung an dem kleinen Spiegel nach der Skala geworfen wird, scharf auf der Skala erscheint. Fällt das Bild (wie früher das von dem Fenster des Galvanometers reflektierte) mit dem Nullpunkte der Skala zusammen, dann befindet sich das Spiegelchen in der richtigen Lage. Sonst kann es durch Drehen um den Stiel in diese Lage gebracht werden. Nach dieser Justierung werden die weiteren Dämpferplatten so weit zurückgeschoben, dass das Nadelsystem frei schwebt, ohne dass es sich vollständig umdrehen kann; der grosse Richtmagnet wird in die Höhe geschoben und vorsichtig gedreht, so dass der Lichtzeiger um den Nullpunkt der Skala schwankt und das Nadelsystem durch den Richtmagneten noch gerade in dieser Lage gehalten wird. Die feinere Einstellung des Lichtzeigers auf den Nullpunkt der Skala wird mit Hilfe des kleinen Richtmagneten bewerkstelligt, dessen Polen man zweckmässig entweder von vornherein oder nachträglich dieselbe Richtung

giebt, die die Pole des unteren Nadelsystems besitzen, was man auch daran erkennen kann, dass der Sinn der Drehung des Lichtzeigers mit dem des kleinen Richtmagneten übereinstimmt. Der Grad der erzielten Astasierung ergiebt sich bekanntlich aus der Schwingungsdauer des Nadelsystems. Je grösser dieselbe ist, desto empfindlicher ist die Einstellung. Für die vorliegenden Versuche genügt vollkommen die Schwingungsdauer von etwa 3 Sek. bis 5 Sek. Man kann die Nulllage des Nadelsystems aus der ungezwungenen Lage auch dadurch herbeiführen, dass man den grossen Richtmagneten mit den Polen so anordnet, dass das System aus der ungezwungenen Lage durch Drehung um 180° umschlägt, worauf man den Richtmagneten richtig drehend nach oben verschiebt, so dass er das System in der Nulllage festhält und die gewünschte Schwingungsdauer erzielt wird. Durch diese Art der Astasierung, die etwas zeitraubender ist, erreicht man allerdings eine empfindlichere Stellung des Systems. Dass die Manipulation der Astasierung von der Richtung des magnetischen Meridians des Ortes abhängig ist, ist selbstverständlich. Es kann leicht der Fall eintreten, dass die Richtmagnete zu kräftig sind, dann muss man dieselben etwas schwächen. Um ein recht rasches Zurückkehren des Lichtzeigers in die Nulllage zu erreichen, kann man die Dämpfung durch Verschieben der Spulenträgerdämpfer, die bis jetzt vollständig zurückgezogen waren, steigern. Doch genügt schon die Regulierung des Abstandes der unteren Dämpferplatten. Bei guter Astasierung kann man die Dämpfung so weit treiben, dass man beinahe aperiodisches Einstellen des Nadelsystems erzielt. Nach vollständiger Justierung werden die Spulen in gewünschter Combination mit einander verbunden. Für die vorliegenden Versuche wird die Parallelschaltung benutzt, wobei die sämtlichen Anfänge (A) untereinander und die Enden (E) untereinander verbunden werden. Für die Zuleitungsdrähte verwendet man zweckmässig biegsamen zusammengewundenen Doppeldraht, der vom Galvanometer bis zum Experimentiertisch geführt wird; getrennte Drähte veranlassen leicht Strömungen, die bei der Bewegung eines Stücks der Zuleitung infolge des Schneidens der Kraftlinien des erdmagnetischen oder eines künstlichen Feldes veranlasst werden.

Zum Schluss sei noch erwähnt, dass das Erwärmen der Verbindungsstellen des Galvanometerstromkreises durch Berührung mit der Hand zu meiden ist, weil dadurch Thermoströme hervorgerufen werden, welche beim Experimentieren störend wirken.

II. Versuche.

1) Induktion durch Bewegungen der Leiter im erdmagnetischen Kraftfelde.

Besonders instruktiv sind die Induktionserscheinungen bei der Bewegung der Leiter im erdmagnetischen Felde. Bewegt man den Gleitleiter LL' auf Gleitschienen SS' (siehe Jahrgang VII S. 11 Fig. 2) senkrecht gegen die erdmagnetischen Kraftlinien, so erhält man am Galvanometer deutliche Ausschläge, die grösser werden, wenn man den Gleitleiter wiederholt schnell an den Gleitschienen in derselben Richtung bewegt. Befestigt man an den Zuleitungsdrähten einen einfachen längeren Draht, so dass ein Stück desselben etwa von der Länge 1 m oder länger bewegt werden kann, ohne dass die übrigen Teile der Leitung an der Bewegung teilnehmen, so erhält man bei der Bewegung des beweglichen Teils der Leitung am Galvanometer Ausschläge, deren Grösse von der Länge des Drahtes, der Strecke und Richtung der Bewegung abhängig ist. Um diese Erscheinungen quan-

titativ zu verfolgen, braucht man drei etwa 110 cm lange und etwa 7 mm dicke Kupfer- oder Messingdrähte. Zwei von denselben werden mit den Zuleitungsdrähten des Galvanometers verbunden, so dass sie die Rolle der Gleitschienen des vorigen Aufsatzes übernehmen; der dritte wird als Gleitleiter benutzt, durch den die Kraftlinien des Erdmagnetismus geschnitten werden (Fig. 6). Zur bequemen Handhabung können die Gleitschienen mit Hilfe von zwei mit mehreren Löchern versehenen Holzleisten in verschiedenen parallelen Stellungen gegen einander fixiert werden. Mit dieser Vorrichtung können die Versuche, die mit den kleinen Gleitschienen in dem künstlich hergestellten gleichförmigen Kraftfelde zwischen den Polscheiben des Magneten angestellt wurden, wiederholt werden unter Benutzung des gleichförmigen erdmagnetischen Kraftfeldes. Variiert man bei derselben Lage der Ebene der Gleitschienen gegen die Inklinationsrichtung die Entfernung derselben und die Strecke, auf der der Gleitleiter bewegt wird, so erhält man bei rascher Bewegung des Gleitleiters Ausschläge, die proportional sind der jedesmal bestrichenen Fläche, also proportional der Anzahl der geschnittenen Kraftlinien. Ändert man unter sonst gleichen Umständen die Lage der Schienenebene gegen die Inklinationsrichtung, so zeigt das Galvanometer Ausschläge, deren Grösse von dem Neigungswinkel abhängig ist. Das Gesamtresultat lässt sich dann in dem Gesetz zusammenfassen, dass die induzierte elektromotorische Kraft proportional bezw. gleich ist der Zahl der in der Zeiteinheit geschnittenen Kraftlinien. Die quantitativen Verhältnisse ergeben sich mit einer für Demonstrationszwecke genügenden Genauigkeit, wenn auch das Galvanometer keineswegs ballistisch justiert ist, falls man nur die Bewegungen des Gleitleiters hinreichend rasch ausführt. Bei der Besprechung der Versuche wird man wohl das Prinzip der ballistischen Messung des Stromes erläutern und zeigen, dass die Ausschläge des Galvanometers die während der Zeit der Bewegung des Gleitleiters in Bewegung gesetzte Gesamtelektrizitätsmenge (Integralstrom) messen, und von der Zeit der Bewegung des Gleitleiters unabhängig sind, falls die letztere so rasch ausgeführt wird, dass das Nadelsystem während dieser kurzen Zeit seine Gleichgewichtslage unmerklich ändert. Die Grösse des Integralstromes wird dann bekanntlich durch die Formel

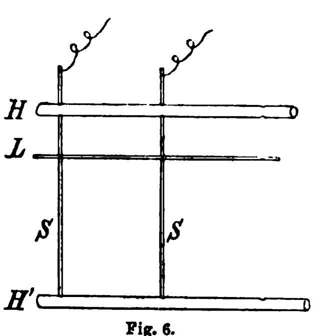


Fig. 6.

$$Q = N/W$$

dargestellt, wo N die Gesamtzahl der geschnittenen Kraftlinien, W den Widerstand des Stromkreises und Q die in Bewegung gesetzte Elektrizitätsmenge bedeutet[6]).

Hieran schliessen sich die Versuche mit einem Erdinduktor. Für den vorliegenden Zweck eignet sich besonders die rechteckige Form desselben, weil bei dieser die quantitativen Verhältnisse der induzierten Ströme in ihrer Abhängigkeit von der Zahl der geschnittenen Kraftlinien leichter entwickelt werden können als bei einer anderen Gestalt der Spule. Mein Induktor bildet ein aus 4 mm starkem Kupferdrath gebogenes Quadrat von circa 60 cm Seitenlänge, welches an einem hölzernen Doppelkreuz in der aus der Figur 7 ersichtlichen Weise befestigt ist. Die beiden rechtwinklig umgebogenen Enden sind an dem

[6]) Genaueres hierüber findet man in den Elementen des Magnetismus und der Elektrizität von Jamieson oder in dem Handbuch der Elektrotechnik von Kittler.

runden Mittelstab (der Achse) entlang geführt und befestigt. Für die einfachen Versuche werden dieselben mit dem Galvanometerdraht direkt verbunden. Bringt man den Induktor in eine Lage, so dass die Achse desselben senkrecht gegen die Inklinationsrichtung steht, dann werden bei der Drehung desselben um die Achse AA' erdmagnetische Kraftlinien geschnitten und zwar nur von den Teilen BC, $B'C'$; die Teile BB', CC' bleiben unwirksam, weil dieselben Ebenen beschreiben, in denen die Kraftlinien liegen. Aus der Drei-Finger-Regel ergiebt sich nun, dass die wirksamen Teile des Induktors BC und $B'C'$ beim Schneiden der Kraftlinien sich so verhalten, wie zwei hintereinander geschaltete Batterien, wie dies in der Figur 8 angedeutet ist. Dreht man den Induktor aus einer Lage, wo seine Ebene senkrecht steht auf den erdmagnetischen Kraftlinien, um 180° herum, so erhält man während dieser Halbdrehung einen Stromimpuls in demselben Sinne; bei weiterer Drehung um 180° wird der Sinn des Stromes, wie dies aus der Drei-Finger-Regel folgt, umgekehrt. Die Zahl der bei einer Halbumdrehung geschnittenen Kraftlinien ergiebt folgende Überlegung. Die Achse des Induktors möge senkrecht gegen die Ebene des Papiers liegen, zu welcher die Kraftlinien parallel verlaufen (Fig. 9). Bei einer Halbumdrehung schneidet die Seite BC, die in der Figur durch die Projektion BC dargestellt wird, die sämtlichen Kraftlinien, die in der Anfangslage des Induktors seine Fläche durchsetzten, in dem einen, die Seite $B'C'$ im entgegengesetzten Sinne. Bezeichnet man die vom Induktor umschlossene Fläche, in qcm ausgedrückt, mit F und die Zahl der Kraftlinien des Erdmagnetismus pro 1 qcm mit J (die Totalintensität des Magnetismus), so ist die Zahl der während der Halbumdrehung von der Seite BC geschnittenen Kraftlinien FJ. Ebensoviel Kraftlinien schneidet die Seite $B'C'$; die dadurch geweckten elektromotorischen Kräfte addieren sich und ergeben $2FJ$ (*C. G. S.*) Einheiten. Die in Bewegung gesetzte Gesamtmenge der Elektricität, der Integralstrom einer Halbumdrehung ist demnach $2\,FJ/W$, wo W den Gesamtwiderstand des Stromkreises bedeutet. Dieses quantitative Resultat kann man unter der Voraussetzung, dass die Ausschläge des Galvanometers dem Integralstrom proportional sind, benutzen, um die Möglichkeit der Vergleichung der Kraftlinienzahl eines künstlichen Feldes mit dem erdmagnetischen zu erläutern. Es möge z. B. der kurze Gleitleiter zwischen den Polschuhen des Magneten (siehe Jahrg. VII S. 15) so bewegt werden, dass die von demselben senkrecht gegen die Kraftlinien des Feldes bestrichene Fläche F' ist. Der Ausschlag des Galvanometers sei n' Teilstriche. Bezeichnen wir die Zahl der Kraftlinien pro 1 qcm des Feldes mit J', dann ist nach dem Vorigen der Integralstrom $Q' = F'J'/W'$, wo W' den Widerstand bedeutet. Der Integralstrom bei der Halbumdrehung des Induktors war $Q = 2\,FJ/W$, der zugehörige Ausschlag sei n, dann hat man

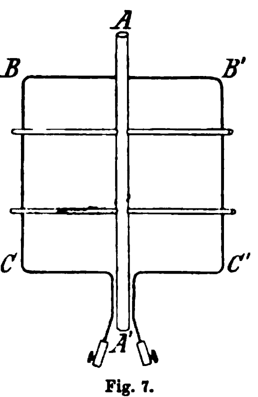


Fig. 7.

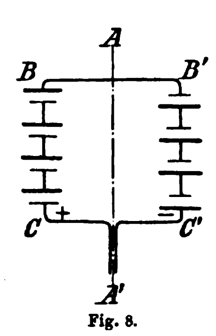


Fig. 8.

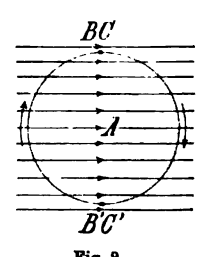


Fig. 9.

$$\frac{Q}{Q'} = \frac{n}{n'} = \frac{FJ}{W} \Big/ \frac{F'J'}{W'}$$

oder da die Widerstände W und W' unmerklich von einander verschieden sind

$$\frac{FJ}{F'J'} = \frac{n}{n'}, \text{ woraus folgt}$$

$$n' = \frac{n \cdot F'J'}{F \cdot J}.$$

Weiter wird man dem Induktor solch eine Lage geben, dass seine Achse mit der Richtung der Inklination übereinstimmt. Bei der Drehung desselben um die Achse sind die früher wirksamen Teile des Induktors nunmehr unwirksam, weil sie sich parallel den Kraftlinien verschieben. Die wirksamen Teile sind die Seiten BB' und CC', in denen elektromotorische Kräfte induziert werden in demselben Sinne, sodass sie sich verhalten wie 2 gegen einander geschaltete Batterien Fig. 10. Dass sich dieselben aufheben müssen ist ersichtlich und das Ausbleiben des Galvanometer-Ausschlages bestätigt dies. Man kann umgekehrt diese Thatsache anwenden um die Richtung der Inklination zu ermitteln. Man braucht nur durch Probieren den Erdinduktor in eine Lage zu bringen, dass beim Drehen desselben um die Achse das Galvanometer keinen Ausschlag zeigt; die Richtung der Drehachse giebt die Inklinationsrichtung an. Wie man mit Hilfe dieser Vorrichtung das Prinzip einer erdmagnetischen Wechselstrom- und nach Anbringung eines einfachen Kommutators an der Achse des Induktors das Prinzip einer Gleichstrommaschine demonstrieren kann, braucht wohl nicht besonders erläutert zu werden. Bei der Anwendung eines

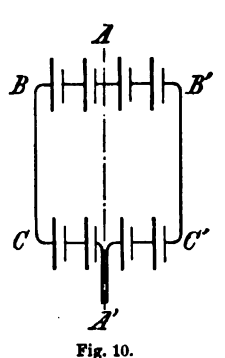


Fig. 10.

Erdinduktors derselben Dimension, der aus 4 bis 6 Windungen besteht kann man die Abhängigkeit der (momentanen) elektromotorischen Kraft von der Lage der Windungsebene des Induktors gegen die Kraftlinien des gleichförmigen Feldes studieren und annähernd das Gesetz $e = c \cdot \sin \varphi$ demonstrieren.

2. **Induktion durch Bewegung von Schleifen in magnetischen Feldern.** Für die folgenden Versuche braucht man einen Magnetstab von etwa 20 cm Länge und 4 bis 5 mm Durchmesser und einige Schleifen (Spulen) aus isoliertem Kupferdraht mit ein, zwei, drei u. s. w. Windungen von etwa 3 cm Durchmesser, deren Enden zusammengedreht mit Hilfe von Klemmen mit dem Galvanometerdoppeldraht verbunden werden können. Dass in allen Elementen einer solchen Spule, falls dieselbe auf dem Magnetstabe verschoben wird Fig. 11,

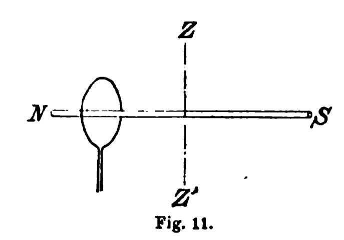
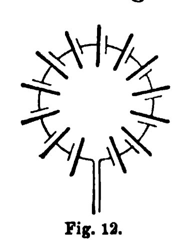


Fig. 11.

elektromotorische Kräfte in gleichem Sinne induziert werden, und zwar auf der ersten Hälfte des Weges bis zur neutralen Zone ZZ' in der einen, auf der anderen Hälfte in entgegengesetzter Richtung, ergiebt die Anwendung der Drei-Finger-Regel; der Versuch bestätigt dies. Die Windung der Schleife verhält sich wie eine Batterie von hintereinander geschalteten, im Kreise angeordneten Elementen (Fig. 12). Wendet man der Reihe nach die Spule mit einer, zwei, drei u. s. w. Windungen an und bewegt dieselben rasch auf derselben Strecke längs des Magnetstabes bis zur neutralen Zone, so zeigt das Galvanometer Ausschläge die sich zu einander verhalten wie 1 : 2 : 3 . . . . Hieraus folgt die Proportionalität der elektromotorischen Kraft und der Windungszahl der Spule. Bewegt man die Spule


Fig. 12.

mit etwa 6 bis 10 Windungen längs des Magnetstabes successiv auf gleichen Strecken, so erhält man verschiedene Ausschläge entsprechend der verschiedenen Anzahl der von der Spule geschnittenen Kraftlinien. Hieran kann man anknüpfen die Erläuterung und Ableitung der Maxwellschen Regel zur Ermittelung der Grösse und Richtung der in einem geschlossenen Leiter induzierten elektromotorischen Kraft[7]).

Biegt man aus isoliertem Kupferdraht einen Ring von der Grösse, dass man denselben in der in Figur 13a angedeuteten Weise über die beiden Pole des Hufeisen-Magneten schieben kann und verbindet die parallel verlaufenden Enden desselben mit dem Galvanometer, dann zeigt das Galvanometer keinen Strom an, wenn der Ring längs der Schenkel verschoben wird; biegt man aber denselben zu einer 8, Fig. 13b, so verrät das Galvanometer den in dieser Schleife während der Bewegung induzierten Strom. Die Anwendung der Drei-Finger-Regel ergiebt die in den Figuren angedeuteten (oder auch umgekehrten) Richtungen der Ströme und erklärt die Versuche.

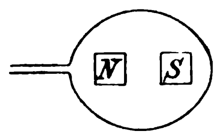


Fig. 13a.

Bis jetzt wurden die Kraftlinien ruhend gedacht und das Schneiden derselben wurde durch Bewegungen der Leiter bewerkstelligt; dass die Versuche umkehrbar sind, ist ohne weiteres ersichtlich. Um die Richtung des durch Bewegung der Kraftlinien gegen die Leitung an einer beliebigen Stelle induzierten Stromes zu bestimmen, hat man die Drei-Finger-Regel von der rechten Hand auf die linke Hand zu übertragen, wo sie dann lautet: hält man an der Stelle des Leiters, wo die Richtung des Stromes ermittelt werden soll, den Zeigefinger der linken Hand in der Richtung der schneidenden Kraftlinie, den Daumen in der Richtung der Bewegung derselben, dann zeigt der Mittelfinger die Richtung des an der betreffenden Stelle induzierten Stromes. Hieran schliesst sich folgender Versuch an, der das Prinzip des Telephons erläutert. Über den einen Schenkel des Hufeisenmagneten wird in der Nähe der Polfläche eine Spule von etwa 6 Windungen in fester Lage aufgewickelt und mit dem Galvanometer verbunden. Nähert man den Polen ein Stück weichen Eisens z. B. die früher angewandten Polschuhe oder Stücke Eisenblech, dann zeigt das Galvanometer einen Ausschlag, dessen Richtung sich ändert wenn man das Eisen entfernt. Dass hierbei die Zahl und die Lage der Kraftlinien geändert wird, kann man leicht zeigen, wenn man das ungestörte und dann durch die Nähe des Eisens gestörte Kraftfeld des Magneten mit Eisenfeilspähnen darstellt.

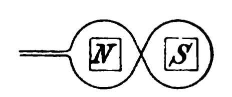


Fig. 13b.

3. Durch Drehung von Leitern in magnetischen Feldern erzeugte Induktion; Umkehrung der Faraday'schen Rotationsversuche; unipolare Induktion. Ein Stück starken Kupferdrahts GG' (Fig. 14) (der Gleitleiter) wird zwischen den Polen des Hufeisenmagneten um den Holzgriff H so gedreht, dass es die Äquatorialebene des Magneten beschreibend die zwischen den Schenkeln

---

[7]) Die in einem geschlossenen Stromkreise durch Änderung der Kraftlinienzahl induzierte elektromotorische Kraft ist proportional (und bei Wahl der C. G. S. Einheiten gleich) der pro Sekunde erfolgten Zu- oder Abnahme der die Windungsfläche des Stromkreises durchsetzenden Kraftlinien. Blickt man gegen die Leiterfläche in der Richtung der Kraftlinien so ist die Stromrichtung bei der Abnahme der Kraftlinienzahl direkt, bei der Zunahme invers. Diese Regel lässt sich aus dem Früheren leicht ableiten, wenn man sich vorstellt, dass die Zu- oder Abnahme der Kraftlinienzahl durch Ein- oder Austreten derselben aus dem durch die Windungen umschlungenen Raum, also mit einem Schneiden des Leiters verbunden ist.

verlaufenden Kraftlinien schneidet. Die in den beiden Hälften des Leiters induzierten elektr. Kräfte sind je nach dem Sinn der Drehung beide nach der Drehachse hin, oder von der Drehachse weg gerichtet. Lässt man also den Leiter während der Drehung mit seinen Enden auf einem blanken Metallring R gleiten, der mit dem einen Galvanometerdraht in Verbindung steht, und verbindet die Mitte des Leiters mit dem anderen Draht des Galvanometers, so erhält man bei der Drehung einen continuierlichen gleichgerichteten Strom. Denkt man sich mehrere Gleitleiter GG' sternartig in derselben Ebene angeordnet, so kommt man zu einem Apparat der mit dem Barlow'schen Rädchen beinahe identisch ist, dessen Funktionieren hier umgekehrt wird. Und in der That lässt sich der Versuch mit dem genannten Rädchen ausführen. Die beiden Klemmen desselben, die bei dem Rotationsversuche zur Stromführung dienen, werden mit den Galvanometerdrähten verbunden; eine ganz langsame Rotation des Rädchens induziert einen Strom, der durch das Galvanometer angezeigt wird. Denkt man sich ein Barlow'sches Rädchen mit unzählig vielen Speichen, dann hat man den Faraday'schen Scheibenversuch. Das Auftreten von Strömen bei dem Arago'schen Versuch lässt sich ebenfalls leicht demonstrieren.

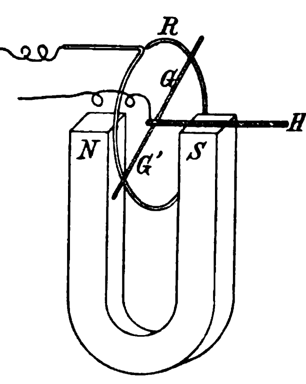


Fig. 14.

Befestigt man auf der Schwingungsachse einen metallischen Hohlcylinder Fig. 15 (die Hülse, welche gewöhnlich zum Nachweis der Wärme durch Reibung angewandt wird) und hält in denselben einen cylinderischen Magneten hinein, sodass er bis zur neutralen Zone hineinragt, so werden in der Hülse Ströme induziert, die in der Richtung der Mantellinien des Cylinders verlaufen (die Galvanometerdrähte sind an den oberen und unteren Rand der Hülse als Schleifkontakte anzusetzen) und durch die Ausschläge des Galvanometers angezeigt werden. Dreht man bei stillstehender Hülse den Magneten, so bleibt der Ausschlag aus; befestigt man mit Hilfe eines Korken den Magneten in der früheren Lage in der Hülse, sodass er an der Rotation der Hülse teilnimmt, so verrät das Galvanometer einen Strom. Das Schneiden der im Raume feststehenden Kraftlinien giebt die Erklärung dieser Versuche [8]. Denkt man sich bei diesem letzten Versuch die Hülse durch die metallische Fläche des Magneten selbst ersetzt, so hat man die Umkehrung der Rotation eines vom Strom (bis zur Hälfte) durchflossenen Magneten um seine eigene Achse (Weber's unipolare Induktion). Den Versuch kann man mit dem Faraday'schen Gestell bequem ausführen, wobei der Quecksilberkontakt zweckmässig durch einen an der Mitte des Magneten angebrachten Schleifkontakt ersetzt wird. Die Drehung des Magneten mit der Hand genügt vollständig.

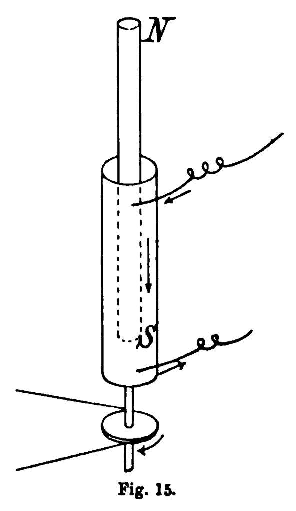


Fig. 15.

Zum Schluss sei bemerkt, dass man die Gesetze der galvanischen Induktion ohne weiteres aus dem Früheren ableiten kann, nachdem man gezeigt hat, dass

[8]) Vgl. *Elektrot. Zeitschrift. Jahrg. 95. S. 513.* Über unipolare Induktion von Weber.

von Strömen durchflossene Leiter und Spulen ihre magnetischen Felder besitzen, die man durch Eisenfeilspähne darstellen kann. Eine Änderung des Stromes, entspricht eine Änderung der Kraftlinienzahl des Feldes. Um mit dem einfachsten Falle zu beginnen, wird man zuerst betrachten die Induktion in einem gradlinigen Leiter, der die Kraftlinie eines parallelen Stromes schneidet oder von demselben geschnitten wird, was entweder durch Schliessen und Öffnen des Stromes oder auch durch Bewegung der geradlinig ausgespannten Drähte gegen einander erreicht wird. Zwei parallele Leiter von der Länge etwa 50 cm genügen für diesen Versuch. Man kann auch das bei den Versuchen 1 benutzte grosse Geleise anwenden. Will man die Induktion durch Bewegung des einen Leiters zeigen, so muss man denselben so anordnen, dass die übrigen Teile des Stromkreises in Ruhe bleiben, da sonst die Erscheinung complicierter ist. Diese Anordnung lässt sich mit Hilfe des erwähnten Geleises leicht ausführen. Hierbei ist zu beachten, dass falls der bewegte Leiter dem Stromkreise des Galvanometers zugehört nur eine Bewegung in der Ebene der magnetischen Kraftlinien benutzt werden darf, da man sonst auch mit der erdmagnetischen Induktion zu thun hat. Um die üblichen Versuche über die galvanische Induktion auszuführen, hat man den Stabmagneten durch eine etwa 20 cm lange Spule von einigen Hundert Windungen isolierten Drahtes zu ersetzen. Letztere stellt man sich dadurch her, dass man den Draht auf ein Glasrohr (Durchmesser etwa 1 cm) aufwickelt. Mit Hilfe dieser Spule und der in den Versuchen 2 benutzten Schleifen kann man die Abhängigkeit der induzierten elektromotorischen Kraft von der Zahl der Windungen der Induktionsspule experimentell ableiten.

Apparat zur Zusammensetzung zweier gleichförmigen Kreisbewegungen zu einer harmonischen Bewegung.

Von

Dr. **W. C. L. van Schaïk** in Rotterdam.

Der Aufsatz des Herrn J. van Dam, sowie die Beschreibung seines schönen Apparates [1]) veranlassen mich, daran zu erinnern, dass ich einen Apparat zum nämlichen Zweck aber von anderer Construktion vor einigen Jahren beschrieben habe [2]). Bei der Wichtigkeit, welche die Zusammensetzung zweier entgegengesetzter gleichförmigen Kreisbewegungen für den Unterricht in der physischen Optik besitzt, schien es mir nützlich, hier das wesentliche der früher gegebenen Beschreibung kurz zu wiederholen.

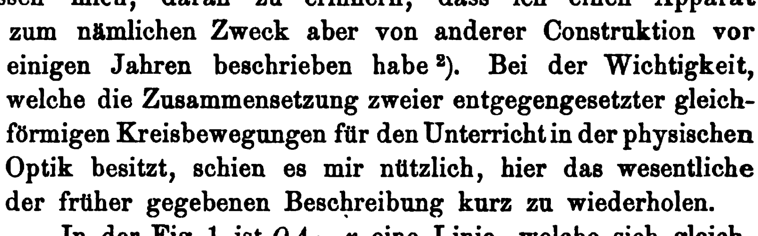


Fig. 1.

In der Fig. 1 ist $OA = r$ eine Linie, welche sich gleichförmig um den festen Punkt O dreht und nach t Sek. die Lage OA' einnimmt. Am Endpunkte A und um diesen Punkt drehbar ist eine zweite Linie AB von gleicher Länge verbunden, welche in derselben Zeit sich in entgegengesetzter Richtung um A dreht, und zwar mit einer Winkelgeschwindigkeit gleich der der Linie OA, beide Geschwindigkeiten gerechnet mit Bezug auf eine feste Linie in der Zeichnungsebene. A bewegt sich also z. B. linksum um O, und B dreht

1) Diese Zeitschrift *1894, S. 178.*

2) *Archives Néerland, 1883, T. XVIII. S. 86; Maandbl. voor Natuurw. 1887.*

sich mit derselben Geschwindigkeit und ebenso gleichförmig rechtsum um den Punkt A. Hierdurch kommt B in t Sek. in B'.

Dies ist auch folgendermaassen zu beschreiben. Eine Ebene S bewegt sich gleichförmig und parallel mit sich selbst so, dass alle ihre Punkte Kreise beschreiben mit gleichen Radien $r = OA$. Hierdurch kommt S in t Sek. in S' und A in A'. In dieser Zeit bewegt sich um A ein Punkt B mit gleicher und entgegengesetzter Geschwindigkeit in Bezug auf S, während $AB = OA$. Durch die eigene Bewegung der Ebene S würde B in t Sek. in B'' gekommen sein; in Wirklichkeit kommt B also in B', während $\angle B''A'B' = \angle A'OA$.

Nun sieht man leicht, dass der Punkt B eine geradlinige und harmonische Bewegung besitzt. Die Geradlinigkeit der Bahn OBB' folgt sofort aus der Gleichschenkligkeit der Dreiecke $OA'B'$ und OAB und aus dem Umstande, dass die Linien OA und AB gleiche Drehungen erlitten haben; oder auch: wenn man die Geradlinigkeit von OBB' voraussetzt, folgt aus der Gleichschenkligkeit, dass $\angle AOA' =$ dem Winkel zwischen $A'B'$ und AB. Um einzusehen, dass B eine harmonische Bewegung hat, bemerke man, dass die Bewegung von A gleichförmig ist, und dass daher die Projektion p von A auf OB sich harmonisch bewegt; da jedoch das Dreieck OAB bei dieser Formveränderung gleichschenklig bleibt, wird B immer zweimal soweit von O entfernt sein wie p, mithin hat auch B eine harmonische Bewegung, deren Amplitude $= 4r$, also zweimal die Bewegung von p beträgt.

Diese Zusammensetzung entspricht der Addition der entgegengesetzten kreis- und gleichförmigen Bewegungen der zwei gleichlangen Lichtvektoren[3]) zu einem in einer geraden Linie harmonisch verändernden Lichtvektor, auf Grund der Vorstellung Fresnels.

Im folgenden Apparat treten beide Vektoren OA und AB deutlich auf den Vordergrund. An ein schweres Stativ H (Fig. 2) ist eine Scheibe p in vertikaler Lage befestigt; durch die Mitte dieser Scheibe geht eine Axe MO, die man mit einer Kurbel drehen kann, und an welcher ein Hebel OL befestigt ist. Am Ende desselben befindet sich eine Büchse, wodurch eine Axe A geht, die an der einen Seite eine Scheibe S und an der anderen den Hebel AB trägt. In B befindet sich ein kleiner Convexspiegel, welcher sich in einiger Entfernung wie ein leuchtender Punkt zeigt. Ferner ist $AB = OA$, und ist der Durchmesser der feststehenden Scheibe p zweimal so gross wie der von S, während man um diese beiden Scheiben in derselben Richtung einen Seidenfaden d gelegt hat.

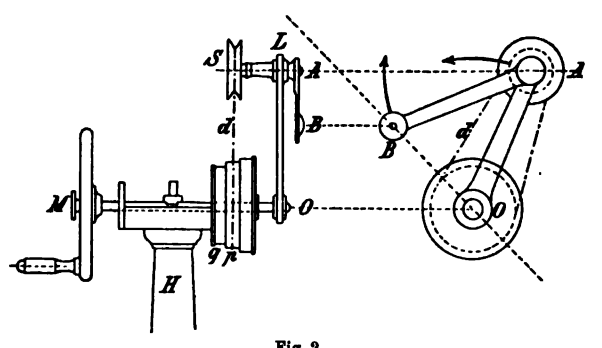


Fig. 2.

Nun erhellt, dass die Drehung von B um A gleich und entgegengesetzt sein wird mit der von A um O, wenn man beide Bewegungen in Bezug auf eine feste Richtung berücksichtigt. Denn AB dreht sich in Bezug auf AO mit einer Geschwindigkeit gleich zweimal der, womit sich OA bewegt, und zwar in entgegen-

[3]) Über „Lichtvektoren“ im Allgemeinen, S. Drude: *Physik des Äthers*, *Cap. X.*

gesetzter Richtung. Die Bewegung des Punktes B ist nun geradlinig, wie oben bei der Fig. 1 gezeigt wurde, und, wenn man die Kurbel M gleichförmig dreht, ist jede Bewegung zugleich harmonisch.

Die Haupteigenschaft des harmonisch schwingenden Punktes, nämlich dass seine Beschleunigung der Entfernung aus dem Gleichgewichtsstande proportional ist, ergiebt sich einfach wie folgt: Der Punkt A hat eine gleich- und kreisförmige Bewegung, mithin ist seine Beschleunigung K' (siehe Fig. 3) nach dem Mittelpunkt O gerichtet, und gleich $4\pi^2 r : T^2$, wobei T die Periode vorstellt. Wäre diese die einige Drehungscomponente, sodass AB parallel mit sich selbst bliebe, dann würde die Beschleunigung von B gleich K' und parallel mit der von A sein, weil der Punkt B einen Kreis beschreiben würde um den Punkt C, so dass CB parallel und gleich von OA. Wäre die andere Bewegungscomponente, nämlich die Drehung um A allein da, so würde B dadurch eine Beschleunigung K haben, die nach dem Mittelpunkt A gerichtet ist, und die hier ebenfalls $= 4\pi^2 r : T^2$. In der That erleidet also der Punkt B eine Beschleunigung R, die aus den beiden Componenten K und K' zusammengesetzt ist, da jedoch $K = K'$ und $OA = AB$, so hat die resultierende Beschleunigung die Richtung der Diagonale BO, über der sich der Punkt B bewegt. M. a. W.: man findet die Beschleunigung von B wenn man auf die Beschleunigung achtet, welche jeder Punkt (und folglich auch A) der Ebene S (Fig. 1) hat, und sodann auf die Beschleunigung von B in Bezug auf jener Ebene. Da die Ebene S sich jedoch parallel mit sich selbst bewegt, so ist der charakteristische Term aus dem Lehrsatze von Coriolis hier $= o$, so dass die Beschleunigung von B einfach durch die Regel des Parallelogramms gefunden wird.

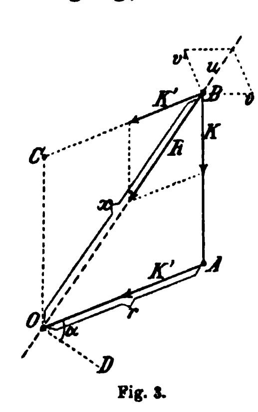


Fig. 3.

Nun lehrt die Ähnlichkeit der Dreiecke, dass R mit OB d. h. mit der Ausweichung x proportional ist, woraus die oben genannte Eigenschaft der harmonischen Bewegung erhellt.

Nennen wir den Winkel, den OA mit der Normale OD macht, $= \alpha$, so ist

$$x = 2\,r \sin\alpha = 2\,r \sin\frac{2\pi t}{T}.$$

Ferner ist

$$R : x = K : r,$$

so dass

$$R = \frac{Kx}{r} = \frac{4\pi^2 x}{T^2} = \frac{4\pi^2}{T^2}\,.\,2\,r\,.\sin\frac{2\pi t}{T},$$

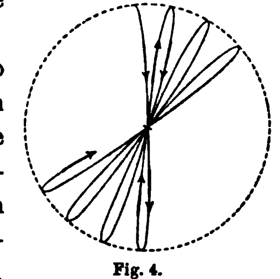
welches die bekannte Grösse der Beschleunigung angiebt. —

Auf dieselbe Weise kann man die Geschwindigkeit des schwingenden Punktes finden. Die Linie v, welche in der Fig. 3 rechtwinklig auf der Linie AB steht, stelle die Geschwindigkeit vor, mit welcher sich B um A bewegt. Die Geschwindigkeitscomponente von B zufolge der Bewegung von A um O ist gleich der Linie v', welche, in B gezeichnet, rechtwinklig auf der Richtung von OA und CB steht. Da nun $v' = v$, so fällt die Diagonale u in die Richtung OB. Ferner ist der Winkel zwischen v und OB gleich α, so dass die resultierende Geschwindigkeit von B ist

$$u = 2\,v\cos\alpha = 2\,v\cos\frac{2\pi t}{T} = \frac{4\pi r}{T}\cos\frac{2\pi t}{T}.$$

Jetzt legen wir einen Faden um die Scheibe S unseres Apparates und um eine Scheibe q, welche etwas kleiner ist als p, und sich hinter dieser auf dem-

selben Stativ befindet, indem wir behufs dieses Versuches die Axe MO ein wenig zurückziehen, in der Richtung von O nach M. Die Durchmesser der Scheiben q und S stehen nicht im Verhältnis von $2:1$, und die beiden Kreisbewegungen geschehen nicht mehr mit gleicher Geschwindigkeit. Der Punkt B durchläuft nun der Reihe nach die verschiedenen Blätter der in der Fig. 4 abgebildeten Hypotrochoide, und offenbar ändert sich hierbei fortwährend die Schwingungsrichtung.


Fig. 4.

Wenn die Polarisationsebene einmal „gedreht ist", so schwingen die im Lichtstrahl hinter einander liegenden „Ätherteilchen"[4]) in verschiedenen Richtungen, so dass die Schwingungsebene eigentlich zu einer Schraubenfläche umgestaltet ist. In diesem Zustande können die Schwingungen bekanntlich betrachtet werden als das Resultat der Zusammensetzung zweier entgegengesetzt circularpolarisierten Strahlen, die sich in Wellenlänge unterscheiden, doch dieselbe Schwingungszeit haben. Hierbei bleiben dann die resultierenden Schwingungen geradlinig, wie das auch im nicht modifizierten Lichtstrahl der Fall ist. Während jedoch die Drehung der Polarisationsebene stattfindet, müssen die ursprünglich gleichen Wellenlängen der beiden Strahlen sich ändern; in jedem Strahl sind die „Ätherteilchen" in einer Schraubenlinie geordnet, deren Ganghöhe sich nun ändert; und dies kann geschehen durch eine Differenz in der Umdrehungsgeschwindigkeit oder in derselben entsprechenden Schwingungszeit. Hierbei kann also die resultierende Bewegung nicht geradlinig bleiben, und der kleinste Unterschied in der Periode der beiden kreisförmigen Bewegungscomponenten genügt, um eine fortwährende Drehung der Schwingungsrichtung zu erzeugen, wie das der Fall ist beim Gebrauch der Scheiben S und q des Apparates. Wenn die Drehung der Polarisationsebene anfängt, muss überdem das Entstehen der genannten Differenz in der Ganghöhe zur Folge haben, dass die Form der durchlaufenen Hypotrochoide nicht vollkommen constant sein wird; etwas ähnliches, wenn die Erscheinung ihren Endwert erreicht.

Wenn die Differenz in der Umlaufszeit der beiden Kreisbewegungen constant ist, so dass eine bestimmte Hypotrochoide beschrieben wird, muss die Kraft, welche die Schwingungsrichtung in der schmalblättrigen Kurve fortwährend ändert, stets rechtwinklig auf der Bahn des Punktes stehen. Es sei, um dies zu beweisen, die Geschwindigkeit der einen Kreisbewegung, z. B. die von B um A, etwas verkleinert, dann ist dies auch mit der entsprechenden Centripetal-Beschleunigung K der Fall, so dass diese gleich F wird (Fig. 5). Zerlegt man nun die neue Resultante R' nach der Richtung BO und rechtwinklig darauf, so erhellt zuerst, dass die entsprechende Componente R einer harmonischen Schwingung entspricht, denn sie ist gleich $(K+F)\sin\alpha$. Nun beträgt eine sehr starke Drehung der Polarisationsebene

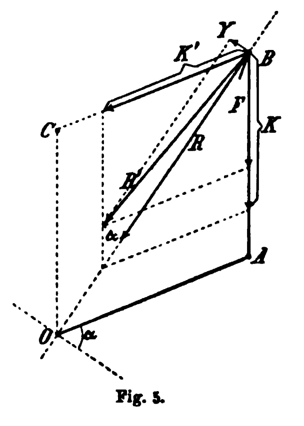


Fig. 5.

[4]) Nach der bekannten Bezeichnung der älteren Undulationstheorie. Es möchte nützlich sein, die Punkte, deren Vektoren bestimmten Lichtvektoren entsprechen, anders zu benennen. Vielleicht wäre „Polarisations-Centra" eine passende Bezeichnung für die Punkte, deren Vektoren die Grösse und Richtung der dielektrischen Polarisation andeuten.

nicht mehr als einige Sekunden für jede Wellenlänge; die Blätter der Hypotrochoide müssen also äusserst schmal sein, oder bestimmter gesagt: jede einzelne Schwingung ist fast geradlinig. Daher kann man sagen, dass die zu OB senkrecht genommene Componente Y auch rechtwinklig zur Schwingungsrichtung steht. Jene seitliche Beschleunigung hat ersichtlich den Werth $(K - F)\cos\alpha$; die Ablenkungskraft ist also mit der Geschwindigkeit des Punktes B proportional, und am grössten in der Gleichgewichtslage.

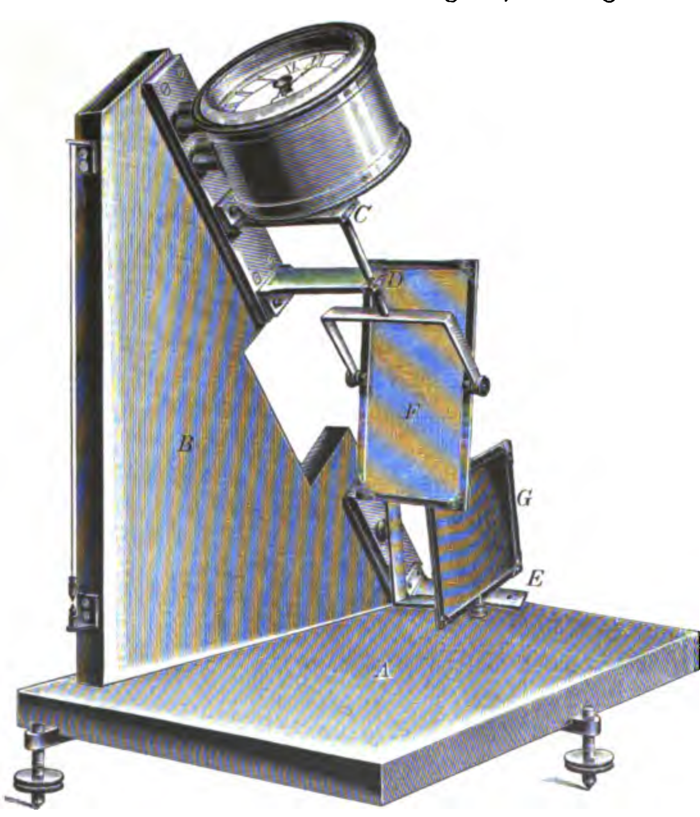
Der beschriebene Apparat wurde von Herrn Harting Bank in Utrecht angefertigt und erfüllt seinen Zweck sehr gut. Die Radien OA und AB sind 10 cm lang, so dass die Amplitude 40 cm beträgt. Ferner sind, wie die Figur zeigt, drei verschiedene Scheiben auf dem Stativ befestigt, so dass die eine Bewegungscomponente sowohl verzögert als beschleunigt werden kann. Um die Spannung im Faden constant zu erhalten, empfiehlt es sich, den Arm AB mit einem Gegengewicht zu versehen, so dass sein Schwerpunkt in der Axe A liegt.

Über eine neue Construktion des Uhrwerkheliostaten.

Von

Dr. Friedrich C. G. Müller in Brandenburg a. H.

Bei der Neueinrichtung unserer naturwissenschaftlichen Lehrräume im vorigen Herbste trat an mich auch die Aufgabe, einen guten Heliostaten nebst Verdunklungsvorrichtung für möglichst geringe Kosten zu beschaffen. Da ich aus langer Erfahrung wusste, welch ein unzureichender Notbehelf der Handheliostat ist, kam für mich nur ein Uhrwerkheliostat in Frage, und zwar ein solcher nach dem Prinzipe des Meyerstein'schen Heliostaten. Denn die Einspiegelheliostaten sind in ihrer Construktion und Handhabung für den Schüler unverständlich und ausserdem sehr teuer. Nun stellte sich aber bei einer genaueren Durcharbeitung des Projects heraus, dass Meyerstein-sche Heliostaten der bislang üblichen Formen allerlei Schwierigkeiten



und Unbequemlichkeiten mit sich führen, von denen die schwerwiegendste darin liegt, dass, wenn der Apparat auf der Fensterbank steht, das Strahlenbündel

mehr als ein halbes Meter hoch über dem Experimentiertisch geht. Dies rührt daher, dass das Uhrwerk zu unterst angeordnet ist, darüber der Drehspiegel und zu oberst der feststehende Spiegel, letzterer überdies nicht in fester Verbindung mit dem übrigen Apparat. Deshalb sah ich mich veranlasst, eine vollständige Neuconstruktion vorzunehmen und dabei alle Wünsche des praktischen Physiklehrers, sowie den Kostenpunkt, gründlich zu berücksichtigen. Ich glaube, dass ich mein Ziel erreicht habe, da der im Folgenden beschriebene Uhrwerkheliostat sich bei längerem, sehr starken Gebrauch so bewährte, dass ich nichts mehr daran zu verbessern fände.

Auf der mit Fussschrauben versehenen Grundplatte *A* steht senkrecht die Platte *B* von der Form eines rechtwinkligen Dreiecks, dessen Hypotenuse gegen die horizontale Kathete um die Polhöhe des betreffenden Ort geneigt ist. Bündig mit der schrägen Kante sind die beiden Lager *C* und *D* für die Axe des Drehspiegels befestigt, sodass die Axe genau parallel zur schrägen Kante 8 cm vor *BB* zu liegen kommt. Ganz am untern Ende sitzt ein genau wie die Lager gearbeiteter und befestigter Winkel *E* mit dem entsprechenden Loch, durch welches also die verlängerte Axe gehen müsste. Aus der Zeichnung ist zu erkennen, wie der Spiegel *F* gestaltet, gefasst und mit der Axe verbunden ist. Das Uhrwerk liegt über dem Drehspiegel und diese Anordnung ist besonders charakteristisch für den ganzen Apparat. Das Zifferblatt und das Aufziehloch sind oben unter einem abnehmbaren Glase sichtbar. Die Stundenaxe der Uhr geht nach hinten durch und auf derselben steckt das 24-Stundenrad, dessen hohle Welle 2 cm über die Rückseite des Gehäuses ragt. Sie passt genau auf das obere Ende der Drehspiegelaxe und wird durch eine Druckschraube damit verkuppelt. Der feste Spiegel *G* sitzt nahe über der Grundplatte drehbar in einer Gabel, deren Zapfen senkrecht durch *BB* geht und sich mit mässiger Reibung drehen lässt.

Die Länge des ganzen Apparats beträgt 40 cm, die Breite 25 cm, die Höhe 38 cm.

Für diesen wie für jeden Uhrwerkheliostaten muss auf der Fensterbank eine geeignete Plattform geschaffen werden. Zu dem Zweck wird die unterste Scheibe des günstigst gelegenen Fensterflügels durch einen leicht herausnehmbaren losen Rahmen mit Glasscheibe ersetzt. Wo Doppelfenster vorhanden, hebt man den inneren Flügel bei Heliostatenversuchen heraus. Die Plattform besteht aus einem Brett, das innerhalb der freien Fensteröffnung auf die unterste Leiste des Fensterflügels zu liegen kommt und sich mit einem passenden Fusse auf die Fensterbank oder den Fenstersims stützt. Das Brett lässt man rechts und links dem Fensterflügel bezw. der Mauerkante anliegen und versieht es an den Anliegestellen mit Einkerbungen, sodass es beim jedesmaligen Einlegen genau dieselbe Stellung erhält.

Nun gilt es ein für alle Male die Meridianstellung für den Heliostaten auf der Plattform vorzuzeichnen. Zu dem Zweck bringt man ihn an einem Tage mit Sonnenschein kurz vor Mittag annähernd in den Meridian und mit Hilfe der Fussschrauben und des in der Zeichnung sichtbaren Senkels genau in die Vertikale. Dann wartet man nach der Uhr den Meridiandurchgang ab und rückt den Apparat im richtigen Augenblicke so, dass der Schatten der schrägen Kante von *BB* mit der Grundkante zusammenfällt.

Nachdem so oder in ähnlicher Weise die Meridianstellung mit ausreichender Genauigkeit leicht gefunden, erzeugt man durch Druck auf die Fussschrauben

Marken auf dem Brett, die man hinterher mit einem Körner noch etwas vertieft. Fortan erhält der Heliostat sogleich die richtige Aufstellung, wenn man die Füsse in die betreffenden Vertiefungen setzt.

Die vor jedem Versuche erforderliche Einstellung des Drehspiegels nach der Deklination und dem Stundenwinkel der Sonne geschieht in eigentümlicher Weise. Es ist dem Heliostaten ein Kreuz aus Messingdraht beigegeben, das man mittels der umgebogenen Enden lose auf dem Drehspiegel befestigen kann, wobei der Kreuzungspunkt genau auf die Spiegelmitte fällt. Nun schlägt man den unteren Spiegel so weit zurück, dass das Loch in *E* frei wird, dreht bei gelöster Kuppelung den oberen Spiegel um seine beiden Axen, bis der Schatten des Kreuzes auf das Loch fällt und zieht die Kuppelungsschraube wieder an. Jetzt liegt das Strahlenbündel parallel der Weltaxe und das Weitere ist selbstverständlich. Die Zeiger der Uhr waren vorher nach Ortszeit gestellt, mithin braucht die Kuppelung später nicht wieder gelöst zu werden. Es ist nur erforderlich, die Zeiger jedesmal nach Ortszeit zu stellen, dann ist der Stundenwinkel richtig und mittelst des Schattenkreuzes wird nur die Neigung herausgebracht. Das Kreuz nimmt man nach der Einstellung wieder ab.

Wie man sieht, bedarf es zur Ingangsetzung des Heliostaten nur einiger rein mechanischen, jedem Schüler verständlichen, Handgriffe. Von Stundenwinkel und Deklination braucht gar nicht die Rede zu sein. Alles geht so bequem und schnell, dass es ein Vergnügen ist, mit dem Apparat zu arbeiten. Falls während des Unterrichts die Sonne plötzlich durch die Wolken dringt, kann der Heliostat binnen drei Minuten aus dem Schrank genommen und zum Gebrauche fertig sein. Die Geschlossenheit des ganzen Apparats trägt nicht wenig zur leichten Handhabung bei. Das Strahlenbündel geht etwa 25 cm hoch über dem Experimentiertisch hin. Die Spiegel sind Silberspiegel auf sehr dünnem Glas und so gross, dass auch beim höchsten Sonnenstande das Strahlenbündel 8 cm dick ist. Durch die einfache Bauart ist nicht allein die gute mechanische Herstellung sehr erleichtert, sondern auch die nachträgliche Controle der richtigen Axenlage und zwar vor den Augen der Schüler.

Die Herstellung des beschriebenen Heliostaten liegt in den bewährten Händen des Präzisionsmechanikers Max Kohl in Chemnitz. Der Apparat kostet nebst zylindrischen Ladenansatz, stellbarem Spalt und Diaphragmenscheibe bei sauberer Ausführung und garantierter Leistungsfähigkeit je nach der äusseren Sauberkeit des Uhrwerks 90 bis 120 Mark. Ich meine, dass durch ein derartiges Herabbringen des Preises für einen guten Uhrwerkheliostaten dem Experimentalunterricht ein wesentlicher Dienst geleistet ist. Bei etwaigen Bestellungen muss die Lage des Fensters zum Meridian angegeben werden. Die Abbildung entspricht der Südostlage. Für Südwest müsste der Apparat auf der andern Seite der Vertikalplatte angeordnet werden.

Zum Schluss noch ein Wort über die Verdunklungseinrichtung. Ich habe mich von vorn herein nicht entschliessen können, Filzrouleaux nach Weinhold anzuschaffen, zunächst des hohen Preises wegen. Meine Entscheidung fiel auf Holzläden. Auf der Innenwand wurden um die Fensteröffnungen Rahmen mittelst eingegipster Dübel befestigt. Diese tragen auf jeder Seite die Angeln von zweiteiligen, sich beim Zurückschlagen zusammenlegenden, leichten Holzladen. Sie werden sowohl im vorgelegten als im zurückgeschlagenen Zustande durch Riegel und Krampen festgehalten. Da alle Fugen durch Falze bedeckt sind, ist die Verfinsterung eine vollkommene. Die Handhabung der Klappen ist ungemein

bequem, die Schliessung eines Fensters geschieht in weniger als einer halben Minute. Ein nicht zu unterschätzender Vorzug der Läden vor den Rouleaux ist der, dass man nach Belieben augenblicklich durch Aufziehen der nächstgelegenen Klappe Tageslicht eintreten lassen kann; ausserdem kann der Rohransatz für den Heliostaten unmittelbar angeschraubt werden. Die Hauptsache aber ist der Preisunterschied. Ich erhielt die ganze Einrichtung aus einer hiesigen Tischlerei für drei grosse Fenster im gebrauchsfähigen Zustande nebst Oelanstrich für 100 Mark, während die fertige Rouleauxeinrichtung das Fünffache gekostet hätte.

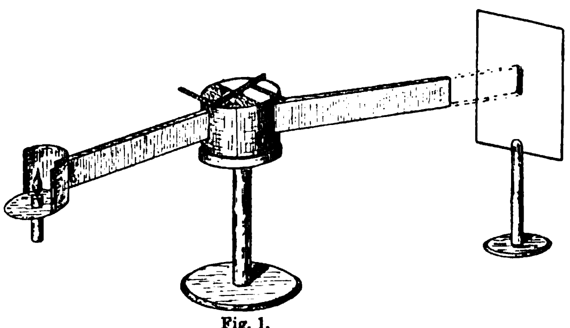
Kleine Mitteilungen.

Schulapparat für Brechung und Zurückwerfung des Lichtes.

Von **Robert Neumann** in Znaim.

Mehrseitigen Anregungen folgend, habe ich die „Lichtbrechungsrinne“ (d. Zeitschr. *VII 29 und 190*) so umgestaltet, dass dieselbe nunmehr auch für den Unterricht an höheren Schulen verwendbar erscheint. Mit dem Apparate lassen sich alle Erscheinungen der Lichtbrechung, die totale Reflexion und die Oberflächenspiegelung demonstrieren, und zwar unter Verwendung verschiedener brechender Medien.

Der wichtigste Bestandteil der Vorrichtung ist ein dünnes Glasgefäss von der Gestalt eines Halbcylinders, das auf ein drehbares Stativ gekittet ist (Fig. 1). Das Gefäss sowie die kreisförmige Bodenplatte, auf welcher es ruht, sind von zwei breiten Blechreifen umschlossen, deren Stellung zu einander sich beliebig ändern lässt. Beide Reifen bilden gleichsam eine Dose, deren Hälfte von dem erwähnten, mit einer Flüssigkeit gefüllten Glasgefäss eingenommen ist. Um bei allen Stellungen der Reifen stets eine Verdunklung zu erzielen, umschliesst der eine etwas mehr als $^1/_2$, der andere etwa $^3/_4$ des Kreises. In passende Öffnungen dieser Reifen sind ziemlich lange, schmale Blechröhren von rechteckigem Querschnitt eingelötet. Die Dose ist von oben her durch einen am Glase befestigten, aber abhebbaren Deckel geschlossen, der an seinem Umfang eine Gradeinteilung besitzt und auf welchem die Stellung des Gefässes sowie das Einfallslot ersichtlich gemacht sind. Letzteres ist durch einen auf der Kante stehenden Blechstreifen markiert, auf welchem sich zwei in mm geteilte Maassstäbe zum Abmessen des sinus verschieben lassen. — Ein mit Blendschirm versehener Kerzenträger kann beliebig auf die eine oder andere der beiden Röhren aufgeschoben werden.


Fig. 1.

Der Gebrauch des Apparates wäre etwa folgender:

1) Man dreht beide Röhren zunächst in die Richtung des Einfallslotes (Fig. 2). Das Licht geht ungebrochen hindurch. Man kann ebensowohl durch die Röhren hindurchsehen, als auch das durchgehende Licht (schon bei mässiger Verdunklung des Zimmers) auf einem Schirme auffangen. Damit ist festgestellt, dass senkrecht auffallendes (also auch in der Richtung des Radius auffallendes) Licht ungebrochen bleibt.

2) Man verschiebe die Röhre *A* nach links. Man muss nun die Röhre *B* um einen grösseren Winkel nach rechts drehen, ehe das Licht hindurchgeht (Fig. 3.) Das Licht verlässt seine Richtung, es wird gebrochen. Verschiedene Einfalls- und Brechungswinkel. Brechungsexponent. Grenzwinkel. — Die in Fig. 4 dargestellte Anordnung kann als Variation gelten. Selbstredend kann man in allen

B
A
Fig. 2.

diesen Fällen das Licht aus Wasser in Luft, wie auch aus der Luft in das Wasser eintreten lassen.

3) Bei fortgesetzter Vergrösserung des Einfallswinkels tritt totale Reflexion ein. An der Gradeinteilung ist nun abzulesen, dass Einfalls- und Reflexionswinkel einander gleich sind (Fig. 5). Auch hier sind verschiedene Einstellungen möglich.

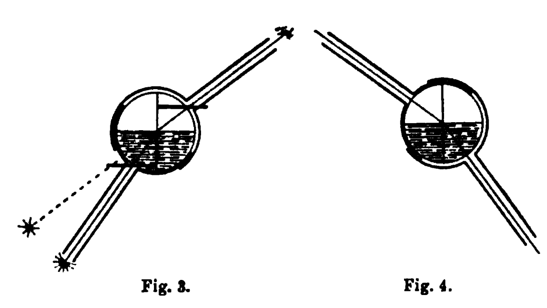


Fig. 3. Fig. 4.

4) Ebenso deutlich zeigt der Apparat die Oberflächenspiegelung (Fig. 6).

Die Versuche können nun mit einer anderen Flüssigkeit als Wasser wiederholt werden; auch lässt sich die Wanne durch einen gläsernen Halbcylinder oder (für blosse Reflexionserscheinungen) durch einen kleinen Spiegel ersetzen.

Die für die „Lichtbrechungsrinne“ geltend gemachten Vorteile sprechen auch für diesen Apparat. Die Einschliessung des Strahlenbündels in Blechröhren ist für die Schüler sehr sinnfällig. Weil beim Hindurchblicken aus einiger Entfernung die wirkliche Lichtquelle und ihr scheinbarer Ort gleichzeitig wahrgenommen werden (Fig. 3), so ergiebt sich sofort die Erklärung für die durch Brechung oder Reflexion hervorgerufenen optischen Täuschungen. Da der Apparat leicht drehbar ist, können die Schüler von ihren Plätzen aus diese Erscheinungen beobachten. Auch die Unabhängigkeit von directem Sonnenlichte oder anderen starken Lichtquellen ist nicht zu unterschätzen; ein gewöhnliches Wachskerzchen genügt, alle besprochenen Erscheinungen deutlich und gut zu zeigen. —

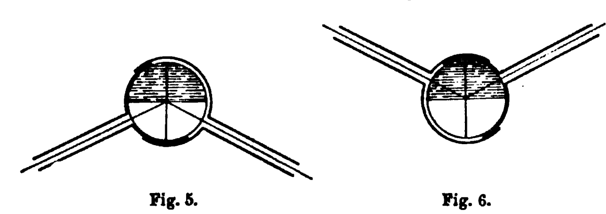


Fig. 5. Fig. 6.

Den Apparat liefert in exacter Ausführung die Firma Max Kohl in Chemnitz, auch mit Beigabe eines Spiegels und eines Halbcylinders aus Crownglas. Auf Wunsch kann auch die von Dr. L. Bleekrode in dieser Zeitschrift (*VII 190*) angegebene Zuleitung der Flüssigkeit angebracht werden. —

Messung von Gasdruck und Gasvolumen mit Hilfe eines Seifenhäutchens.

Von Dr. **Friedrich C. G. Müller** in Brandenburg a. H.

In eine in Zehntelcubikcentimeter geteilte, mit Seifenlösung ausgeschwenkte Bürette saugt man ein Seifenhäutchen und spannt sie wagerecht in ein Stativ. Ein Stopfen mit Glasröhrchen, in das offene Ende eingebracht, vervollständigt die Einrichtung. Das Röhrchen oder das Ausflussende der Bürette werden mit einem Schlauch verbunden. Die Wirkungsweise des Apparates ist selbstverständlich. Das Häutchen ist weithin sichtbar. In der Nähe lässt sich seine Stellung bis auf Bruchteile eines Millimeters genau ablesen. Es hält sich tagelang.

Die Seifenlösung stelle ich jedesmal frisch aus der bekannten weissen Bittermandelseife her, indem ich abgeschabte Teilchen in einem Probierrohr unter Erwärmung in der 50 fachen Menge Wasser löse. Dauernd lassen sich derartige Lösungen nicht aufbewahren.

Das Häutchen zeigt bei seiner Bewegung wohl eine gewisse Trägheit, sodass es sich bei einseitiger Druckänderung wölbt, bietet aber, wenn es sich erst eingestellt hat, keinen messbaren Gegendruck, wie ich durch äusserst empfindliche Äthermanometer festgestellt habe. In dieser Abwesenheit eines Gegendrucks liegt ein besonderer Vorzug.

Der Apparat kann im physikalischen und chemischen Unterricht vielfache Verwendung finden, einerseits zur Anzeige kleinster Druckänderungen, andererseits zur Messung von Gasdehnungen und zur Messung des Volums neu gebildeter Gasmengen. Hierzu einige Beispiele.

Um die Abnahme des Luftdrucks für ganz kleine Erhebungen zu demonstrieren, verbindet man das Seifenhäutchenrohr durch einen hinreichend langen Schlauch mit einer möglichst grossen Glasflasche. Wird diese dann höher oder tiefer gestellt, so schiebt sich das Häutchen vor oder zurück. Wenn ich die von mir benutzte Flasche von 12 l Inhalt vom Tisch auf den Fussboden stelle, beträgt die Verschiebung etwa 3 cm. Schon bei 10 cm Erhebung ist der Ausschlag in der ganzen Klasse sichtbar.

Zur Beschränkung der Temperaturschwankungen wird bei länger dauernden Versuchen die Flasche in einen Holzkasten gesetzt. Der sie verschliessende Stopfen erhält noch ein zweites Rohr mit Quetschhahn, welcher bis zum Beginn des Versuchs offen bleibt, sodass man das Häutchen an eine beliebige Stelle in der Bürette bringen kann.

Wenn man ein Äthermanometer (d. Zeitschr. *II 275*) der von mir zu Dampfdichtebestimmungen vorgeschlagenen Art in Verbindung mit der Flasche verwendet, so lassen sich die Ausschläge schon bei einer Erhebung um 1 cm deutlich beobachten. Öffnet man die Zimmerthür, so wird eine bedeutende Druckschwankung sichtbar. Sehr viel Interesse gewährt es bei böigem Wetter die ununterbrochenen Luftdruckvariationen zu verfolgen. —

Zur Bestimmung des Ausdehnungscoeffizienten der Luft verwendet man eine 100 ccm Flasche, welche mit einem rechtwinklig gebogenen Capillarrohr versehen ist, in Verbindung mit dem Häutchenvolumeter. Die Luft, bezw. das Gas, war vorher getrocknet, indem man den mit einem $CaCl_2$-Rohr verbundenen Kolben einige Male fast bis zum Glühen erwärmt und wieder abkühlen lässt. Nun taucht man ihn zunächst in ein grösseres Gefäss mit Wasser von Zimmertemperatur, dann in einen passenden Blechcylinder (Conservenbüchse) mit siedendem Wasser, bis das Häutchen nach etwa einer Minute feststeht. Dann wird der Kolben wieder auf Zimmertemperatur gebracht und zwar so, dass man ihn erst in einem besonderen Gefäss mit Wasser vorkühlt, damit sich die Temperatur im eigentlichen Kühlgefäss nicht erhöht. Schliesslich steckt man ihn nochmals in das Kochgefäss. So erhält man binnen wenigen Minuten 3 Beobachtungswerte. Die Ergebnisse führen bei richtiger Ausführung des Versuchs und nach Anbringung der kleinen Correction wegen der Tension des Wasserdampfs innerhalb der Bürette zu einer Zahl, die von 273 nicht um eine Einheit abweicht. —

Von den vielen gasvolumetrischen Versuchen, welche geeignet sind, die stöchiometrischen Gesetze zu bestätigen, sei nur die Bestimmung des durch Natrium entwickelten Wasserstoffs hervorgehoben. Wir nehmen eine kleine Kochflasche wie im vorigen Versuch und thun etwas Wasser hinein. An einen im Stopfen befestigten Draht wird ein erbsengrosses Stück Natrium gespiesst. Nachdem die Luft durch Leuchtgas ausgetrieben, bringt man den Stopfen ein, stellt den Kolben in Wasser von Zimmertemperatur und bemerkt die Stellung des Häutchens. Dann bewirkt man durch Schütteln des Kolbens die Reaction und liest das Volum des entwickelten Wasserstoffs ab. Die Menge des zugehörigen Natriums erfährt man durch Titrierung des Kolbeninhalts mittels Normalsäure. —

Über die Abstossung eines Stromes durch den von ihm selbst induzierten.

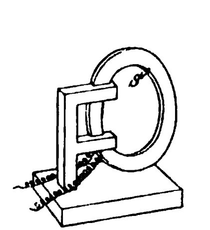
Von **Ch. Hartmann** in Wunsiedel.

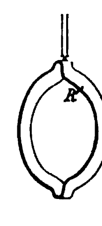
El. Thomson hat gezeigt, dass ein nicht magnetischer Leiter von einem Elektromagneten abgestossen wird, wenn letzterer durch Wechselströme erregt wird; so kann z. B. ein Kupferring über einem senkrecht stehenden Elektromagneten zum Schweben gebracht werden, wenn der Wechselstrom genügend stark ist. Diese Art der Abstossung lässt sich auch mit einfacheren Mitteln demonstrieren.

Die Erklärung der Erscheinung ist kurz: Wird in einem ersten Leiter ein primärer Strom A abwechselnd geöffnet und geschlossen, so wird dadurch in einem zweiten benachbarten geschlossenen Leiter bei jedem Schliessen des primären Stromes ein entgegengesetzt gerichteter sekundärer Strom B induziert, bei jedem Öffnen ein gleichgerichteter C. A und B stossen sich ab; A und C würden sich anziehen, wenn nicht A zur Zeit des Ent-

stehens von C schon verschwunden wäre. Demnach findet zwischen beiden Leitern eine Abstossung statt, zu welcher jeder Schluss des Stromes einen neuen Impuls liefert.

Der experimentelle Nachweis dieser Abstossung gelang leicht auf folgende Weise. Als erster Leiter wurde ein sehr flaches Solenoïd S (s. Fig.) aus 0,5 mm starkem übersponnenen Kupferdraht hergestellt, welches, mit Seide zusammengebunden, sich von dem Rahmen abnehmen liess, über den es gewickelt worden war. (Der innere Durchmesser war 8 cm, der äussere 10,5 cm, die ganze Länge 4,5 mm = 7 Drahtdicken, die Zahl der Windungen 150.) Das Solenoïd wurde, auf einem Holzklötzchen befestigt, die horizontale Axe nahezu in der Meridianrichtung, in ein Gehäuse mit Glaswänden gestellt, welches eine vertikale Röhre mit einem Torsionskopfe trug. Der zweite Leiter war ein ringförmiger Körper R aus Kupferblech (s. Fig.), der an zwei feinen, einen mm von einander entfernten Drähten so am Torsionskopf aufgehängt war, dass sich seine eine halbkreisförmige Hälfte vor, die andere hinter dem Solenoïd befand, jede etwa 3 mm vom Solenoïd entfernt. Jede Abstossung zwischen beiden Leiter bewirkte also eine Drehung des beweglichen.





Wurde nun durch das Solenoïd der Strom eines Leclanché-Elementes geschickt und durch einen Selbstunterbrecher 10 mal in der Sekunde geschlossen und geöffnet, so drehte sich der Ring um $1^1/_2{}^\circ$; bei Anwendung des rascher schwingenden Unterbrechers eines kleinen Induktionsapparates stieg die Drehung bis 10°. Sie lässt sich einem Zuschauerkreise sichtbar machen entweder durch Anbringung eines längeren leichten Zeigers oder mit Spiegel und Lampe. Ich verwende in solchen Fällen kleine Hohlspiegel, hergestellt durch einseitiges Versilbern eines Konvexbrillenglases von etwa 50 cm Brennweite. Bringt man einen solchen Spiegel an einem sich drehenden Körper an, so hat man nur nötig, eine gewöhnliche Lampe mit einem Blechzylinder mit schmalem Spalte zu versehen und in die richtige Entfernung vom Spiegel zu bringen, um ein Bild des Spaltes auf einer weissen Wand zu erhalten, das jede Drehung des Spiegels durch Verschiebung anzeigt.

Als ich obigen Versuch zuerst mit Fernrohr und Skala anstellte, verwendete ich Ringe aus verschiedenen Metallen, unter anderem auch aus Stanniol, auf Karton geklebt. Diese Ringe zeigten nun ein ganz anderes Verhalten, als die schwereren Blechringe. Die geringe Erwärmung des Solenoïdes durch den Strom verursachte ein Herbeiströmen der Luft, welche den Ring mitnahm, so dass er scheinbar angezogen wurde, und ein Versuch folgendermaassen verlief: Nach Stromschliessung und Ingangsetzung des Unterbrechers erfolgte eine Abstossung, welche innerhalb 15 sek. auf 2° anwuchs, dann aufhörte und in scheinbare Anziehung überging, welche in mehreren Minuten auf 1° bis 2° stieg. Unterbrach man jetzt den Strom, so begann die Rückkehr zur Nullstellung erst nach mehreren Sekunden. Schloss man dagegen den Strom konstant, so wuchs die scheinbare Anziehung durch die stärkere Erwärmung und das Fehlen der abstossenden Induktionsströme auf 10°; Rückgang erfolgte erst wieder einige Zeit nach der Unterbrechung in dem Maasse, als der Kupferdraht sich abkühlte.

Zur Kontrolle wurde ein schmaler Streifen des Stannioles entfernt, so dass sich keine Induktionsströme ausbilden konnten. Das Resultat war: Keine Abstossung, sondern Anziehung, welche aber erst etwa 15 Sekunden nach Stromschluss begann und ebensolange nach der Unterbrechung wieder nachzulassen anfing, bei intermittierendem Strome auf wenige Grade, bei konstantem auf über 10° stieg.

Zur Umkehrung des Versuches wurde auch ein gleiches Solenoïd mit den Enden seines Drahtes an den Suspensionsdrähten aufgehängt und durch Drehen des Torsionskopfes mit seiner Axe in den magnetischen Meridian gebracht, so dass der in einer bestimmten Richtung hindurchgeleitete Strom keine Ablenkung in Folge des Erdmagnetismus hervorbrachte. Hierauf wurde ein dem beschriebenen Kupferring ähnlicher jedoch weit stärkerer

Körper, aus Blei gegossen und auf Holz befestigt, so in das Gehäuse geschoben, dass sich wieder seine beiden Hälften auf verschiedenen Seiten des beweglichen Solenoïdes befanden, und zunächst durch einen konstanten Strom die richtige Meridianstellung kontrolliert. Wurde sodann in den Strom ein Selbstunterbrecher eingeschaltet, so zeigte sich sofort eine Abstossung des Solenoïdes durch den Bleiring in ebenso unverkennbarer Weise, wie bei den ersten Versuchen. Sie wuchs mit der Schwingungszahl des Unterbrechers.

Qualitativ gleiche Resultate ergaben sich, wenn das Solenoïd an einem leichten Hebel mit Gegengewicht nach Art der Torsionswage, jedoch bifilar aufgehängt war. Der Sekundärleiter war dann ein ebener Ring, der nahe an dem Solenoïd fest aufgestellt war. Diese Anordnung war in der Absicht gewählt, auch Flüssigkeiten zu untersuchen. Es ist hier die theoretische Möglichkeit einer Widerstandsbestimmung von Flüssigkeiten ganz ohne Elektroden gegeben, jedoch mit allen Mängeln der Methoden, welche auf Stromstärkemessung beruhen, und noch einigen dazu.

Über die Wirkung eines geraden Stromes auf einen sogenannten magnetischen Pol.

Von **Lionel Fleischmann** in Zürich.

Alle bisherigen Versuchsanordnungen, zur Demonstration der Rotation von Magneten um lineare Ströme, leiden vor allem an dem Übelstand, dass man gezwungen ist, die Strombahn in nächster Nähe der Magnete zu knicken. Dieses hat erst letzthin Lecher[1]) dazu geführt, die übliche Erklärungsweise der Versuche für falsch zu erklären, die aber durch die weiter unten beschriebenen Versuche, wie ich glaube, gestützt wird.

Bei den Versuchen leitete mich der Gedanke mit einem sehr langen, gerade verlaufenden Drahte zu arbeiten. Hierdurch war ich gezwungen, dem Gebrauch von Stabmagneten zu entsagen. Ich verwandte an deren Stelle zwei U-förmige Magnete (Fig. 1), die mit den Schenkeln gleicher Polarität nebeneinander gelegt, und die durch aufgeschobene Kautschukringe fest mit einander verbunden waren.

N S S N

Fig. 1.

Als Aufhängevorrichtung benutzt man einen zwischen den Schenkeln eingeklemmten Draht. Hängt man dieses System an einem Seidenfaden auf und bringt in dessen Nähe einen der Drehungsaxe parallel laufenden, langen Draht an, so bemerkt man bei geschlossenem Strome eine Drehung. Hat man den Abstand der Drehungsaxe vom Drahte richtig gewählt (siehe unten), so dreht sich das System, bis eines der Querstücke der Magnete gegen den Draht stösst. Schiebt man die Magnete am Draht vorbei, so dass das System, wie zu Anfang, gegen den Draht anliegt, nur dass die Magnete um 180° gedreht sind, so findet Wiederholung der Drehung wiederum bis zum Anstoss statt. Und diese kann man beliebig oft stattfinden lassen. Lässt man das System sich detordieren, und kehrt die Stromrichtung um, so kehrt sich die Drehungsrichtung ebenfalls um. Die Erklärung dieser Vorgänge wäre ohne jede Rechnung möglich, wenn wir unendlich dünne Lamellenmagnete hätten; denn dann lägen die einen Enden der Kraftlinien in der Drehungsaxe, ein Drehmoment könnte von diesen nicht ausgeübt werden, und es blieben nur die Wirkungen der beiden anderen, gleichnamigen magnetischen Flächen übrig. In unserem Falle, wo wir körperliche Magnete haben handelt es sich natürlich um Differenzwirkungen. Zur Vereinfachung der Rechnung machen wir die Voraussetzung, dass die beiden Magnete in Bezug auf Kraftlinienverlauf und Stärke gleich sind.

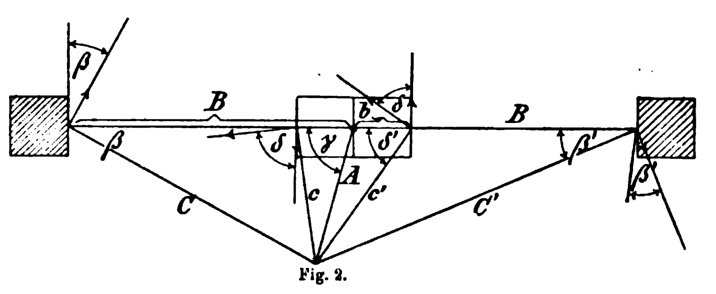


Fig. 2.

---

[1]) *Wied. Ann.* 54. *S.* 282.

Hierdurch ist zugleich eine Einwirkung des Erdmagnetismus ausgeschlossen. Betrachten wir eine sehr kleine Fläche df auf einem der Schenkel, deren magnetische Flächendichte η ist, so übt ein Strom von der Stärke i eine Kraft aus $+2\,i\eta df/c$, wobei c der Abstand der kleinen Fläche vom Leiter ist; die Kraft selbst ist senkrecht gerichtet zur Ebene des Leiters und der Geraden c. Die Flächen von gleicher Dichte $\pm\eta$ sind bei den Magneten, die gleich sind, in einer Horizontalen gelegen. Bezeichnen wir mit B den Abstand der mit $+\eta$ belegten Flächen von der Drehungsaxe, mit b den Abstand der mit $-\eta$ belegten Flächen von der Drehungsaxe und mit A den Abstand der Drehungsaxe vom Leiter (Fig. 2) so wird das Drehmoment

$$Drm = 2\,i\eta\,df\left[\frac{B}{C}\cos\beta + \frac{B}{C'}\cos\beta' - \left(\frac{b}{c}\cos\delta + \frac{b}{c'}\cos\delta'\right)\right]$$

Nun ist

$$C^2 = A^2 + B^2 - 2AB\cos\alpha \qquad c^2 = A^2 + b^2 - 2Ab\cos\alpha$$

$$C'^2 = A^2 + B^2 + 2AB\cos\alpha \qquad c'^2 = A^2 + b^2 + 2Ab\cos\alpha$$

$$\cos\beta = \frac{B - A\cos\alpha}{C} \quad \cos\beta' = \frac{B + A\cos\alpha}{C} \quad \cos\delta = \frac{b - A\cos\alpha}{c} \quad \cos\delta' = \frac{b + A\cos\alpha}{c'}.$$

$$Drm = 2\,i\eta\,df\left[\frac{B^2 - AB\cos\alpha}{A^2 + B^2 - 2AB\cos\alpha} + \frac{B^2 + AB\cos\alpha}{A^2 + B^2 + 2AB\cos\alpha} - \left(\frac{b^2 - Ab\cos\alpha}{A^2 + b^2 - 2Ab\cos\alpha} + \frac{b^2 + Ab\cos\alpha}{A^2 + b^2 + 2Ab\cos\alpha}\right)\right].$$

Nach mehrfachen Reduktionen findet man

$$Drm = 2\,i\eta\,df\left[\frac{2B^4 - 2A^2B^2\cos 2\alpha}{A^4 + B^4 - 2A^2B^2\cos 2\alpha} - \frac{2b^4 - 2A^2b^2\cos 2\alpha}{A^4 + b^4 - 2A^2b^2\cos 2\alpha}\right].$$

Ist $b < A < B$ so ist der erste Summand stets positiv und grösser als 1, der zweite Summand ist seinem absoluten Betrage nach stets kleiner als 1. Das Drehmoment ändert also nur seine Grösse, aber nicht sein Vorzeichen.

Durch Integration über sämtliche Elemente erhalten wir das ganze Drehmoment. Die Bedingung, das dieses Integral stets sein positives Vorzeichen beibehält ist

$$\frac{+\int\eta B df}{+\int\eta df} > A > \frac{-\int\eta b df}{-\int\eta df}.$$

Ist B_{min} der kleinste überhaupt vorkommende Abstand einer mit $+\eta$ belegten Fläche von der Drehungsaxe und b_{max} der grösste überhaupt vorkommende Abstand einer mit $-\eta$ belegten Fläche, und wählen wir A, dass $B_{min} > A > b_{max}$, so ist die Bedingung

$$\frac{+\int\eta B df}{+\int\eta df} > A > \frac{-\int\eta b df}{-\int\eta df}$$

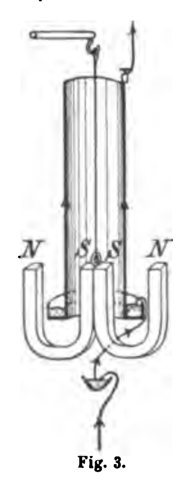


Fig. 3.

sicher erfüllt, und das Drehmoment behält stets sein Vorzeichen bei. Wird aber $B < A$, so hängt auch das Vorzeichen des ersten Summanden vom Vorzeichen des Cosinus ab; da die Nenner beider Brüche stets positiv sind, so ist der eine Summand positiv, wenn der andere negativ, und da beide echte Brüche sind, muss es einen Wert von α geben, der das Drehmoment zu Null macht. Hieraus ersieht man, dass die continuierliche Rotation aufhört, sobald sämtliche Pole auf einer und derselben Seite des Drahtes liegen. Wobei unter Poldistanz der Wert $\int\eta B df / \int\eta df$ verstanden ist.

Die Dimensionen der Magnete waren $b_{max} = 5$ mm, $B_{min} = 25$ mm. Hierbei wurde auf die geringe magnetische Belegung des Querstücks keine Rücksicht genommen, der Abstand A war etwa 10 mm. Die Stromstärke betrug 2 bis 3 Ampère, und der Draht war auf einer Länge von etwa 5 m ganz gerade geführt. Noch auf eine andere Weise ist es mir gelungen, die Knickung der Leitung zu vermeiden; nämlich, indem ich von der

Thatsache Gebrauch machte, dass eine vom Strome gleichmässig durchflossene Röhre auf einen Pol im Inneren keine Wirkung ausübt, während sie sich einem äusseren Pole gegenüber verhält, als ob der ganze Strom in ihrer Axe concentriert wäre. Das Magnetsystem, das dem zum ersten Versuch benutzten gleicht, wird in einer Röhre von passender Weite (Fig. 3) so aufgehängt, dass seine Drehungsaxe mit der Mittellinie der Röhre zusammenfällt, während die beiden anderen Pole sich ausserhalb der Röhre befinden. Um den unteren Teil der Röhre ist ein Holztrog gelegt, der mit Quecksilber gefüllt und mit der Röhre in leitender Verbindung steht. An dem Magnetsystem ist ein passend gebogener Draht befestigt, der mit dem einen Ende in den Trog, mit dem anderen in ein kleines Quecksilbernäpfchen taucht und so die Stromzuführung besorgt. Am oberen Ende der Röhre wird der Leitungsdraht in einer Klemme festgemacht. Schliesst man den Strom, so findet eine continuierliche Rotation statt, wie sie das Ampèresche Gesetz fordert.

Combination der Kolbenluftpumpe mit einer einfachen Quecksilberluftpumpe.

Von **P. Spies** in Berlin.

Die zahlreichen Verbesserungen, welche die Quecksilberluftpumpe in der letzten Zeit erfahren hat, sind kleineren Laboratorien, etwa denjenigen der Schulen, ziemlich wenig zu Gute gekommen, und zwar deshalb nicht, weil solche neueren Luftpumpenformen, etwa die vorzügliche Einrichtung von Raps, vorzugsweise dem Bedürfnis der Glühlampentechnik angepasst sind. Für diese ist es z. B. von Wichtigkeit, dass mehrere Pumpen gleichzeitig von einem Arbeiter bedient werden können, d. h. sie müssen automatisch wirken und sind in Folge dessen kompliziert und teuer. Für ein kleineres Laboratorium ist eine einfache Construktion vorzuziehen, ganz besonders für Schulen, weil hier der Apparat auch unmittelbaren didaktischen Wert haben soll. Eine solche sehr einfache Construktion wird möglich, wenn noch eine andere Luftpumpe (Kolben- oder Wasserstrahlpumpe) zur Verfügung steht, die ein geringeres Vacuum, ungefähr von 1 cm Quecksilber Druck, zu erzielen gestattet.



Fig. 1.

Dies ist in den meisten kleineren Laboratorien der Fall. Besonders empfehlenswert erscheinen mir die weiter unten beschriebenen, vorzüglich wirkenden und doch billigen Kolbenluftpumpen mit Ölfüllungen.

Unter der angegebenen Voraussetzung ergiebt sich eine sehr einfache Pumpenform, wie sie in der Figur 1 dargestellt ist; sie gestattet gleichzeitig eine genaue Messung sehr niedriger Luftdrucke nach dem Prinzipe des Mac Leodschen Vacuummeters.

Die Kugel A wird durch einen an den Hahn H angesetzten dickwandigen Schlauch mit der Kolbenluftpumpe verbunden und entleert. Das Knierohr (vergl. Fig. 2 $\alpha_1\, \alpha_2\, \beta$) enthält zunächst kein Quecksilber und infolgedessen wird auch B, sowie das hier sich anschliessende

Trockengefäss T, dessen Boden mit Schwefelsäure oder besser mit Phosphorsäure bedeckt ist evacuiert. Die Schliffstücke, welche das Trockengefäss mit der Pumpe, sowie andererseits mit den zu evacuierenden Räumen, etwa der Glühlampe G verbinden, sind mit Quecksilber bedeckt und mit einer kleinen Ablassvorrichtung für das letztere versehen.

Während des Evacuierens ist aus dem Gefässe Q durch den Schlauch und das Steigrohr Quecksilber bis nahe unter die Stelle Z emporgestiegen. Es steigt höher empor und drängt die in B enthaltene Luft nach A, sobald man Q etwas hebt. Da beim Senken von Q in der Knieröhre ein Quecksilberfaden stehen bleibt, kommt die Luft nicht zurück, und in B entsteht ein Toricellisches Vacuum, mit dem T und G kommunizieren, sobald die Stelle Z wieder frei wird. Sammelt sich bei fortgesetztem Spiel der Pumpe in A mehr Luft an, so wird sie von Zeit zu Zeit wieder entfernt.

Von Vereinfachungen gegenüber der gewöhnlichen Quecksilberluftpumpe seien kurz folgende erwähnt: Wenn die Pumpe schon bei atmosphärischem Drucke ihre Arbeit beginnen soll, muss sich an A eine senkrechte Röhre von Barometerlänge anschliessen, welche unten in ein offenes Quecksilbergefäss eintaucht, also wohl Luft heraus- aber nicht wieder zurücklässt. Ferner wird G schon ziemlich luftleer sein, während man, um die Luft aus B zu verdrängen, hierselbst atmosphärischen Druck herstellen, also Q sehr hoch heben muss. Dabei füllen sich dann T und G mit Quecksilber, und man muss, um dies zu vermeiden, entweder zwischen B und T eine Barometerhöhe einschalten, was die Pumpe sehr hoch macht, oder man hat eine Art Ventil einzufügen, welches zwar Luft aus G und P nach unten, aber kein Quecksilber nach oben gelangen lässt. Dieses Ventil zeigt wiederum den Übelstand, sich bei dem Steigen des Quecksilbers plötzlich zu schliessen, und die lebendige Kraft des Quecksilbers zerstört, wenn sie in dieser Weise gehemmt wird, leicht das Knierohr an der Stelle, wo es an B ansetzt. Alle diese Komplikationen fallen hier fort, und man kann sehr schnell pumpen, ohne eine Zertrümmerung der Pumpe gewärtigen zu müssen. Die Messung des Vacuums erfolgt in sehr einfacher Weise. Das Volumen B sei 200 ccm, der Querschnitt des Rohres $\alpha_1 \alpha_2$ 5 qmm, in A herrsche ein Druck von 10 mm Hg (derselbe lässt sich leicht messen, indem man in B Toricellisches Vacuum herstellt und die beiden Schenkel des Quecksilberfadens in dem Knierohre vergleicht); während die Luft aus B nach A gedrängt wird, bilde sie eine Blase $\alpha_1 \alpha_2$ von der Länge 30 mm (Fig. 2). Dabei steht sie unter einem Drucke, welcher dem vertikalen Abstande von α_2 und β entspricht, vermehrt um obige 10 mm; dies seien zusammen 40 mm.

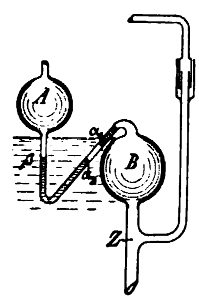


Fig. 2.

Also ist Volumen $\times$ Druck $= 5 . 30 . 40$. Dies muss gleich sein dem ursprünglichen Volumen 200 000 cmm multipliziert mit dem fraglichen Drucke in G, der sich also in diesem Falle zu 0,03 mm Hg ergiebt. Mann kann in wenigen Minuten das Vacuum viel weiter treiben, schliesslich so weit, dass z. B. elektrische Entladungen überhaupt nicht mehr möglich sind. Die angegebenen Dimensionen entsprechen einem von mir lange Zeit benutzten Exemplare, und reichen vollkommen aus; man gebraucht zur Füllung eines solchen Apparates weniger als ein halbes Liter Quecksilber, was ganz abgesehen von den Kosten[1]) den Vorteil gewährt, dass die Pumpe leicht von einer Person getragen werden kann. Das Quecksilbergefäss kann ferner sehr bequem mit einer Hand gehoben und gesenkt werden, und man bedarf nicht der viel weniger bequemen Winde. Die zu evacuierenden Räume werden entweder in der Weise wie die Lampe G angeschmolzen, oder aber mit Hilfe eines Schlauches oberhalb des Schliffes angesetzt.

Die Kolbenluftpumpe, welche ich benutze, ist wie gesagt mit Ölfüllung versehen; es entspricht dies einem Patente von Fleuss und hat den Zweck, den schädlichen Raum

[1]) Die Pumpe wird von dem Glasbläser E. Greiner Berlin, Kielerstr. 23. sowie von Ferd. Ernecke Berlin angefertigt und auf einfachem Holzgestell montiert für 100 M (in eleganter Ausführung für 150 M) incl. Quecksilberfüllung verkauft.

zu vermeiden. Die Ventile der Pumpe arbeiten selbstthätig, so dass Manipulationen wie Umlegen eines Hahnes u. dgl. fortfallen. Die Pumpe wird von einer englischen Firma[2]) in verschiedenen Ausführungen geliefert, die sich durch die Menge der in bestimmter Zeit bewältigten Luft sowohl, als auch durch das erreichbare Vacuum unterscheiden. Die grösseren zweistiefeligen Pumpen leisten unmittelbar dasselbe wie eine Sprengelsche Quecksilberluftpumpe. Für den vorliegenden Zweck genügt das kleinste Modell, mit dem man in wenigen Minuten einen Raum von 2 Litern Inhalt bis auf etwa 1 mm *Hg* evacuieren kann.

Ob die oben angegebene Quecksilberluftpumpe bereits anderweitig beschrieben ist, weiss ich nicht, halte es aber nicht für ausgeschlossen; doch kam es mir lediglich darauf an, auf die so sehr einfache und unter den angenommenen Verhältnissen vielleicht zweckmässigste Form hinzuweisen.

Die volumetrische Elektrolyse der Salzsäure.

Von Prof. **Max Rosenfeld** in Teschen.

Um den für die Zwecke des Unterrichtes so wichtigen Versuch über die volumetrische Zusammensetzung der Salzsäure schulgerecht zu gestalten, habe ich zur Elektrolyse dieser Säure, statt des bekannten, wegen seiner gefälligen Form fast in jedem Lehrbuche abgebildeten Hofmannschen Apparates, der unbrauchbare Resultate liefert, die Anwendung eines anderen Apparates empfohlen (*Ber. d. chem. Ges. XVIII 867, 1885* und *XIX 1899, 1886*), mit welchem sich der Versuch in kürzester Zeit in zufriedenstellender Weise ausführen lässt.

In jüngster Zeit haben sich ohne Erwähnung meiner diesbezüglichen Arbeiten mit demselben Gegenstande Lothar Meyer (*Ber. d. chem. Ges. 27, 850 1894*) u. Dr. R. Lüpke (*diese Zeitschr. VIII 14*) beschäftigt. Der Umstand nun, dass die Vorschläge der beiden Genannten mit Rücksicht auf die Zwecke des Elementarunterrichtes keinen Fortschritt in der Sache bedeuten, veranlasst mich zur Mitteilung, dass sich reine Salzsäure im Hofmannschen Apparate in wenigen Minuten in gleiche Raumteile Chlor und Wasserstoff zerlegen lässt, wenn man sie in möglichst heissem Zustande der Elektrolyse unterwirft.

Der Apparat, in welchem der Versuch ausgeführt wird (Fig. 1), unterscheidet sich von dem gewöhnlichen Hofmannschen nur dadurch, dass die Gas-Sammelröhren *SS* 60 cm hoch und 1 cm dick sind, und dass das Steigrohr aus einem mit Glastrichter *g* versehenen dickwandigen Kautschuckschlauche *K* besteht, welcher an dem horizontal gestellten T-Rohre *r* befestigt ist.

Zur Ausführung des Versuches bringt man in diesen Apparat ein bis zur Siedetemperatur erhitztes Gemisch aus gleichen Raumteilen concentrierter Salzsäure und Wasser, und erhitzt bei geschlossenen Hähnen die Sammelröhren durch Bestreichen mit einer Gasflamme so lange, bis die Flüssigkeit, welche beim Eingiessen einen Wärmeverlust erleidet, mindestens eine Temperatur von 70° C. erreicht hat.

Da das Gelingen des Versuches in erster Linie davon abhängt, dass der Elektrolyt möglichst stark erhitzt ist, so muss diesem Teile der Operation die grösste Aufmerksamkeit zugewendet werden. Das Erhitzen wird so geleitet, dass man hauptsächlich die Sammelröhren am untersten Teile, also an der Elektrodenstelle und am T-Rohre, mit der Flamme bestreicht und, wenn sich hier Gasblasen zu entwickeln beginnen, mit dem Erwärmen nach oben hin fortschreitet.

Hat man sich durch Umfassen der Röhren mit der Hand überzeugt, dass die Flüssigkeit in beiden Schenkeln sehr heiss ist, so öffnet man die Hähne und schliesst den Strom. Auch jetzt muss die Flüssigkeit noch ununterbrochen, besonders in der Nähe der Elek-

---

[2]) *Pulsometer Engineering Co, London.* Eine Niederlage ebenfalls bei Greiner in Berlin. Für das erwähnte kleine Modell zahlt man 125 Mark incl. Porto u. s. w.

troden erhitzt werden, und zwar so lange, bis die Gasentwicklung in beiden Schenkeln gleich intensiv erfolgt. Bei dieser Prozedur muss, um ein Überströmen der Salzsäure infolge der Gasentwicklung zu verhüten, durch Herabsenken des Trichters die Flüssigkeit in den Röhren etwas tiefer gestellt werden.

Durch momentanes Schliessen der Hähne orientiert man sich nun über das Raumverhältnis der sich entwickelnden Gase, und sperrt erst dann die Röhren definitiv ab, wenn gleiche Raumteile Chlor und Wasserstoff sich entwickeln. Die Gasentwicklung ist eine so rapide, dass die Füllung der Röhren in kürzester Zeit erfolgt. Es empfiehlt sich, auch während der Elektrolyse die Flüssigkeit in beiden Schenkeln gleichmässig, hauptsächlich an den Elektroden, durch rasches Schwenken mit der Flamme zu erhitzen. Zur Erzielung eines negativen Druckes wird während des Ansammelns der Gase der Trichter *g* möglichst tief gestellt.

Die volumetrische Elektrolyse der Salzsäure nimmt, in der hier beschriebenen Weise ausgeführt, nur wenige Minuten Zeit in Anspruch und ergiebt bei genauer Befolgung der gegebenen Weisungen ausgezeichnete Resultate.

Der von mir benutzte Apparat wurde von Dr. H. Geisslers Nachfolger Franz Müller in Bonn bezogen, und als Quelle für den elektrischen Strom diente mir bei meinen Versuchen eine Chromsäure-Tauchbatterie von vier Elementen. Eine sehr grosse Anzahl ausgeführter Versuche haben ergeben, dass der Apparat durch das Erhitzen nicht den geringsten Schaden erleidet.

Das Einleiten chemischer Prozesse mittelst glühenden Metalls.

Von **O. Ohmann** in Berlin.

Bei vielen exothermischen Prozessen, zumal bei den Verbrennungsvorgängen — auf welche die Betrachtung beschränkt werden soll — bedarf es bekanntlich einer künstlichen Zuführung von Wärme, um den Prozess einzuleiten. Erst bei der „Entzündungstemperatur“ beginnt die chemische Umsetznng, die sodann zur Entwicklung der oft grossen Energiemengen, der „Verbrennungswärme“, führt. Es liegt in der Natur dieses Vorganges, dass es genügt, nur wenige Moleküle eines Verbrennungskörpers — es sei an ausströmendes Wasserstoffgas oder Eisenpulver am Magneten gedacht — auf die Entzündungstemperatur zu bringen, da die frei werdende Wärme weiterhin die Rolle des Entzündens übernimmt, indem sie die benachbarten Moleküle der Reihe nach in die zur Vereinigung notwendige Temperatur versetzt. Diesen Punkten wird wohl allgemein im Unterricht eine grosse Sorgfalt gewidmet, da ja eine eingehende Erläuterung derselben für die physikalische wie die chemische Anschauung in gleichem Maasse nützlich ist; nichtsdestoweniger dürfte ein Umstand dabei noch eine grössere Beachtung verdienen.

Es scheint mir nämlich zur Klärung des so wichtigen Erscheinungscomplexes der Verbrennung beizutragen, wenn die Wärmezufuhr anders als in der üblichen Weise mit Hilfe einer Bunsenflamme oder eines brennenden Spanes vorgenommen wird. Gerade weil das „Anzünden“ einer Gasflamme eine so alltägliche Erscheinung ist, ist es geboten, die Bedingungen künstlich zu ändern; ja es liegt eine Art *petitio principii* darin, wenn man zur allseitigen Erklärung eines noch nicht erkannten chemischen Prozesses wieder denselben chemischen Prozess an einer Stelle zu Hilfe nimmt. Es erscheint vielmehr nötig, eine Wärmequelle zu verwenden, bei der nichts unklar bleibt, die vor allem keinen chemischen Prozess darstellt. Hierzu bietet sich am einfachsten ein zum Glühen gebrachter Körper, der so zu sagen nur der Träger der Wärme ist, dar: ein glühendes Metall, und zwar, da Platin als das sonst geeignetste zu teuer ist, ein eiserner Stab, eine dicke Stricknadel.

Die an der Spitze in lebhaftes Glühen versetzte Stricknadel kann zu folgenden Versuchen dienen: Sie entzündet den aus der Glasspitze ausströmenden Wasserstoff, ebenso den Schwefelwasserstoff und das aus dem Bunsenbrenner austretende Leuchtgas. Das zu dem bekannten Gewichtsversuch am Magneten befindliche Eisenpulver braucht nur an der ausgesucht feinsten Spitze berührt zu werden, um die allmählich fort-

schreitende Oxydation der ganzen Masse eintreten zu lassen; in dieser Abänderung erscheint mir der Versuch instruktiver, als wenn mit einer Flamme an so und so vielen Spitzen gleichzeitig der Prozess erregt wird. Die etwas grössere Zeitdauer spricht nicht mit, da gerade durch das allmähliche Umsichgreifen der Erscheinung von einem einzigen Punkte aus das Interesse der Schüler stärker gefesselt wird, zumal wenn der Versuch so eingerichtet ist, dass sich zwischen beiden Polen eine Brücke von Eisenpulver befindet, die dann von der Glüherscheinung überschritten wird. — Das Gemisch von Eisen und Schwefel wird zur Vereinigung gebracht, sobald es nur an einer Stelle berührt wird. Man schüttet dieses Gemisch zweckmässig auf die Innenseite des Deckels eines Chamottetiegels oder auch auf eine Schiefertafel oder eine Eisenplatte, auf welche man dickeres Asbestpapier breitet; der Vorgang kommt so an einer ziemlich grossen Quantität klarer zur Anschauung, als wenn das Gemisch im Probierglas erhitzt wird; auch entwickeln sich auf diese Weise viel weniger Schwefeldämpfe. — Schwefelblumen, auf Asbestpapier geschüttet, werden durch die Berührung sogleich in Brand gesetzt, ebenso lässt sich Schwefelkohlenstoff, ausgegossen, entzünden. Erwärmt man Schwefelkohlenstoff im Probierglas, so wird das an der Mündung austretende Gas ebenfalls entflammt. Die letzteren Versuche gelangen indessen nicht mit Äther und Alkohol. Den genannten Versuchen liessen sich noch etliche andere anreihen. — Bekannte analoge Versuche sind übrigens: die Entzündung von Phosphor durch einen mässig erwärmten Draht und die Entflammung von Leuchtgas durch den elektrischen Funken.

Behufs praktischer Handhabung umwickele man die Stricknadel (die stärkste Nummer des Handels) von der Mitte an mit einem Draht, den man unten zu einer Art Fuss biegt und in entgegengesetzter Wickelung wieder hinaufführt und befestigt. Man kann diese kleine stehende Vorrichtung bequem an den Brenner rücken und, indem man den Fuss derselben festdrückt, der Nadel durch Biegen des Drahtes die geeignete Neigung geben. Man spart so ein Stativ oder das zeitraubende eigenhändige Hineinhalten in die Flamme.

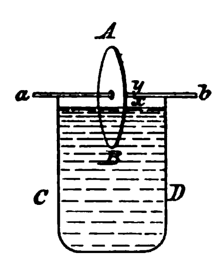
Die Erklärung bei dieser Art des Einleitens der Prozesse gestaltet sich einfach. Es braucht nur erläutert zu werden, dass es die Wärmebewegung des glühenden Metalles ist, welche die angrenzenden Teilchen des vorliegenden Verbrennungskörpers in denjenigen Zustand lebhafter Bewegung versetzt, der erforderlich ist, um die chemische Vereinigung mit ihren weiteren Folgen herbeizuführen.

Für die Praxis.

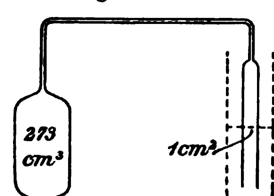
Der Experimentiertisch. Von F. Harbordt in Strassburg i. E. Der Experimentiertisch des neu eingerichteten Physiksaales im hiesigen Lyceum weicht in einigen Beziehungen von dem Weinholdschen ab, und die von mir angegebenen Änderungen haben sich so bewährt, dass sie mir der Mitteilung nicht unwert erscheinen. Der Tisch besteht aus drei Teilen, von denen der mittlere leicht hin- und hergerollt werden kann, während die beiden anderen fest stehen. Gewöhnlich ist der mittlere Teil ganz an die Schülerbänke herangerückt, sodass man die Apparate leicht in die unmittelbarste Nähe der Schüler bringen kann und über 6 Eckplätze am Tisch verfügt, an denen man bequem experimentieren kann. Bei Versuchen mit der Fallmaschine, Luftpumpe u. dgl. wird der mittlere Teil ganz zurückgeschoben, in anderen Fällen auch mit den beiden feststehenden Teilen des Tisches durch Eisenschienen fest verbunden. Die Leitungen für Gas und Elektricität führen nach beiden festen Tischteilen, die für Wasser, Gebläse und Wasserluftpumpe nur nach einem derselben. Der letztere Tischteil ist mit dem sehr zweckmässigen s. g. Galgen, der T-förmig und verstellbar ist, versehen. Es sind daran nicht nur Haken und Rollen für Pendel, Flaschenzüge u. s. w. angebracht, sondern auch acht durch Drähte verbundene Klemmschrauben, an denen Stromspiralen, Magnete und Eisenstäbe bifilar aufgehängt werden, so dass man die gegenseitige Anziehung oder Abstossung, sowie die entsprechenden

Induktionswirkungen sehr bequem zeigen kann. Der Träger des Galgens ist zugleich mit einem drehbaren Tischchen versehen, das in beliebiger Höhe festgestellt werden kann. In den zweiten festen Teil des Tisches ist eine quadratische dicke Glasplatte von 60 cm Seitenlänge eingelassen, die matt geschliffen ist und mit Stellschrauben genau horizontal gerichtet werden kann zu Versuchen mit Präzisionsinstrumenten. Die Gasflamme im Kamin des Abzugs wird mit Hilfe eines Induktionsapparates, dessen sekundäre Spirale einerseits mit dem Messingbrenner, anderseits mit einem darüber befindlichen Platindrath in Verbindung steht, mit einem Griff angezündet.

Chemische Drehscheibe. Von G. G. Longinescu in Berlin. Eine Scheibe von Zinkblech AB (Figur) werde so vorgerichtet, dass sie um eine horizontale Axe ab drehbar ist, welche letztere mit einem Gefäss CD verbunden ist, in welchem sich Säure (HCl, verd. H_2SO_4) befindet. Im Augenblick des Eintauchens der Scheibe beginnt der chemische Prozess zwischen Zink und Säure, infolge dessen der untere Teil Bx leichter wird als der ausserhalb befindliche Ay. Der Schwerpunkt des kleinen Systems liegt jetzt oberhalb der Axe, es wird somit eine Neigung der Scheibe stattfinden, so dass ein neuer Teil derselben von der Säure angegriffen wird. Dieser wird alsbald wieder leichter werden als der obere, und so ist die Bedingung zu einer Fortsetzung der Drehung gegeben. — Die Schnelligkeit der Bewegung ist abhängig von der Stärke der Säure und der Tiefe des Eintauchens. — Vielleicht kann der kleine Apparat bei Schülerübungen Verwendung finden.



Versuch über den Ausdehnungscoefficienten der Luft. Von K. Fuchs in Pancsova (Ungarn). Ein Heber aus einem starken Capillarrohr trägt an einem Ende ein Glasgefäss von eher mehr denn weniger als 273 cm³. Das Mehr kann man durch eingegossenes Quecksilber oder Glycerin eliminieren. Am anderen Ende trägt es eine Röhre von 1 cm² Querschnitt. Das Ganze ist in einem Stücke gearbeitet. Den Ballon stellt man in ein Wasserbad, das Schlussrohr in ein Cylinderglas, das mit Wasser gefüllt ist. Innerhalb und ausserhalb des Schlussrohres muss das Wasser in gleicher Höhe stehen. Um wie viel Grade man das Wasser um den Ballon erwärmt, um so viel Centimeter senkt sich der Spiegel im Schlussrohr (Erhaltung der Niveaugleichheit vorausgesetzt).



Der Versuch gelingt vollständig, auch wenn der Ballon nur zum grösseren Teile ins warme Wasser taucht. Vor dem Versuch muss man durch Erwärmen einen Teil der Luft aus dem Ballon treiben, damit nach dem Auskühlen Wasser ins Schlussrohr steige.

Gut ist es, wenn in den Ballon ein Thermometer eingeschmolzen ist, das die Temperatur im Innern des Ballons ablesen lässt.

Ersatz für Hollundermark. Von W. Weiler. Hollunder- und Sonnenblumenmark sowie Kork lassen sich vielfach durch den Buchenschwamm oder Zunderpilz (Polyporus fomentarius) ersetzen, wenn man diesen längere Zeit (etwa ein halbes Jahr lang) hat trocknen lassen. Die Masse ist rein weiss, lässt sich schneiden, sägen, feilen, drehen, polieren und vergolden und kann in faustgrossen Stücken erhalten werden.

Ein Versuch zur Spitzenwirkung. Von F. Harbordt in Strassburg i. E. In Abänderung eines bekannten älteren Versuches habe ich einen Hollundermarkcylinder bifilar aufgehängt und senkrecht zur Fadenebene auf der einen Seite eine feine Nadelspitze angebracht. Nähert man einen elektrischen Körper, so findet auf dieser Seite schon vor der Berührung Abstossung statt, dagegen auf der anderen Seite auch nach der Berührung noch Anziehung, weil im ersten Falle die angezogene Elektricität, im zweiten die abgestossene die Spitzenwirkung erfährt.

Berichte.

1. *Apparate und Versuche.*

Vorlesungselektroskop. Wirft man den Schatten der Goldblättchen mittels einer Linse auf einen kleinen durchsichtigen Schirm, so kann man ihre Bewegungen bei Tageslicht selbst einer grossen Klasse leicht sichtbar machen. Bei der Auseinandersetzung der Grundversuche der Influenz tritt aber der Übelstand hervor, dass das Instrument in gleicher Weise positive und negative Potentiale anzeigt. E. E. Robinson, der Assistent von Oliver J. Lodge, stellte nun das mit einem Metallgehäuse versehene Elektroskop auf einen Paraffinkuchen und lud die Aussenseite negativ; dadurch wurde die Nulllage der Blättchen geändert. Bei dem Potential Null zeigten sie einen bestimmten Ausschlag, für positive Potentiale schlugen sie weiter aus und für negative fielen sie mehr zusammen. Durch einen Schattenzeiger für die Nulllage und eine rohe Skala kann diese Einrichtung noch vervollkommnet werden. Prof. Lodge schlägt in der *Nature* (*31. Januar 1895*) vor, ein Projektionselektroskop in eine geeignete Leydner Flasche zu setzen, deren äussere Belegung zur Erde abgeleitet und deren innere Belegung mit dem Elektroskopgehäuse verbunden ist. (Man kann den Apparat auch so einrichten, dass die innere Belegung das Metallgehäuse des Elektroskops bildet.) Ein isolierter Leiter wird auf dem Versuchstisch nicht weit von dem kleinen Projektionsschirm aufgestellt und durch einen langen hinreichend dünnen Draht mit den Blättchen des Elektroskops, von denen am besten nur eins beweglich ist, verbunden. Gegen diese Vorrichtung von Lodge erhebt J. Reginald Ashworth ebenfalls in der *Nature* (*7. Februar 1895*) den Einwand, dass, wenn das Gehäuse negativ geladen sei und nun den Goldblättchen eine zu grosse negative Ladung erteilt werde, eine Divergenz der Blättchen eintrete und die falsche Folgerung veranlasse, dass das Potential Null oder positiv sei. Er schlägt deshalb vor, bei einem Bohnenbergerschen Elektroskop die beiden Knöpfe auf jeder Seite des Blättchens statt mit den beiden Trockensäulen mit der inneren und äusseren Belegung einer Leydener Flasche zu verbinden. *H. H.-M.*

Schülerversuch zur Bestimmung des Schmelzpunktes vom Wachs. Von R. Neumann. Man klebt eine Wachskugel an die Spitze eines eisernen Nagels, der mit seinem Kopfe auf dem Boden eines grösseren, mit Wasser gefüllten Probierglases zu stehen kommt. Sobald beim Erhitzen das Wachs schmilzt, löst es sich vom Nagel los und steigt aufwärts. In diesem Momente liest man die Temperatur an dem eingetauchten Thermometer ab. (*Period. Blätter für naturkundl. und math. Unt.*, Znaim *1894*, *Heft 8*, *S. 220*).

---

2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Änderung des inneren Widerstandes galvanischer Elemente mit dem Strome. Von Carhart. (*Electrical Review 36*, *671; 1895*). Um die Potentialdifferenz zwischen den Polklemmen eines galvanischen Elementes zu messen werden diese mit den beiden Belegungen eines Condensators in Verbindung gebracht und darauf der Condensator durch ein Galvanometer entladen. Während der Ladung des Condensators ist der äussere Stromkreis des Elementes entweder offen oder durch einen bekannten Widerstand geschlossen. Bedeutet r den inneren Widerstand des Elements, wenn dasselbe durch den äusseren Widerstand R geschlossen ist, ferner E die dem Galvanometerausschlag proportionale Klemmenspannung des offenen, E' die des geschlossenen Elementes, so lässt sich aus der Gleichung $r/R = (E - E')/E'$ der innere Widerstand r des Elementes bestimmen. Um die zu jeder Versuchsreihe erforderlichen Verbindungen nacheinander automatisch auszuführen, verwendet Carhart ein Fallpendel, das aus einem um Zapfen drehbaren Holzrahmen mit einer schweren Pendellinse besteht. Das Pendel schwingt zwischen zwei zur Aufhängeaxe concentrisch gekrümmten Schienen, an die je zwei Contaktvorrichtungen angeklemmt werden. Jede dieser Vorrichtungen besteht aus zwei senkrecht übereinander liegenden Metallstiften, einer wagerechten Blattfeder, die so gespannt ist, dass sie den oberen Contaktstift berührt, und einem vertikalen Hebel, der

die Blattfeder gegen den unteren Contaktstift drückt. Durch das schwingende Pendel wird dieser Hebel umgelegt, so dass die Blattfeder gegen den oberen Contaktstift emporschnellt und die gewünschte Verbindung herstellt. Die vier Contaktvorrichtungen sind so angeordnet, dass durch eine Schwingung des Pendels nach einander das Element durch den Widerstand R geschlossen, der Condensator bei geschlossenem äusseren Stromkreise geladen, der Condensator vom Stromkreise abgeschaltet und durch ein Galvanometer entladen und endlich der Stromkreis des Elements geöffnet wird. Aus der Schwingungsdauer des Pendels und der gegenseitigen Entfernung der Contaktvorrichtungen lässt sich die Zeit bestimmen, während welcher das Element geschlossen war. *H. R.*

Beiträge zur Theorie der Entmagnetisierung. Von Houston und Kennelly. (*Electrician 35, 186; 1895*). Der Magnetismus eines Stahlstabes wird durch die magnetisierende Wirkung seiner Enden um so mehr geschwächt, je kürzer der Stab im Verhältnis zu seiner Länge gewählt wird. Die Theorie der Entmagnetisierung permanenter Magnete durch den Einfluss der Enden ist nur für einige Formen (Ellipsoid, Kugel, Scheibe, gerader Stab) entwickelt, die in der Praxis wenig Verwendung finden. Die Verfasser versuchen deshalb für einen Hufeisenmagnet die Bedingung aufzustellen, die zwischen Länge und Querschnitt einerseits und dem Polabstand andererseits bestehen muss, damit die Leistung des Magneten möglichst gross sei im Verhältnis zu seinem Gewicht, und damit seine Widerstandsfähigkeit gegen Erschütterungen und Temperaturänderungen einen möglichst hohen Grad erreiche. Zur Ableitung der Formeln wurde ein kreisförmig gebogener Magnetstab von der Länge l und dem gleichmässigen Querschnitt s gewählt, dessen Enden in Polschuhe von der freien Oberfläche S auslaufen, die zwischen sich einen Luftraum von der Breite d frei lassen. Ist $\mathfrak{B}$ die remanente Induktion der zum Herstellen des Magneten verwendeten Stahlsorte, so ist $\Phi = \mathfrak{B} . s$ der Kraftlinienfluss durch den Querschnitt des Magneten. Von dieser Gesamtzahl der Kraftlinien durchsetzen, wenn n den Streuungscoëfficienten bezeichnet, Φ/n Kraftlinien den Luftspalt zwischen den Polflächen, während die übrigen $(n-1)\Phi/n$ Kraftlinien durch Spannung verloren gehen. An den Polflächen herrscht daher die magnetische Potentialdifferenz $\Phi d/nS$, die auf den Stab pro cm Länge die entmagnetisierende Kraft $\mathfrak{H}' = \Phi d/nSl$ ausübt. Aus dem absteigenden Zweige der Magnetisierungskurve, die man bei der Prüfung der Stahlsorte erhalten hat, findet man einerseits die remanente Induktion $\mathfrak{B}$, andererseits die entmagnetisierende Kraft $\mathfrak{H}$, durch deren Anwendung die Induktion $\mathfrak{B}$ verringert wird. Wenn der Magnet sich im Dauerzustande befinden, also durch äussere mechanische Einflüsse nicht leiden soll, so muss die wirklich vorhandene entmagnetisierende Kraft $\mathfrak{H}'$ kleiner sein, als die aus der Magnetisierungskurve sich ergebende grösste entmagnetisierende Kraft $\mathfrak{H}$. Das Verhältnis beider Grössen $\mathfrak{H}/\mathfrak{H}'$ nennen die Verfasser den Sicherheitscoëfficienten des Magneten und haben durch Versuche festgestellt, dass dieser mindestens gleich 3 gewählt werden soll. Aus den Formeln lassen sich unter Benutzung der Magnetisierungskurve die Dimensionen des Magneten leicht berechnen. Eine Prüfung der Theorie an dem Hufeisenmagneten eines Weston-Voltmeters ergab den Sicherheitscoëfficienten 6, so dass der Grund der bekannten Permanenz des Magnetismus dieser Instrumente ohne Zweifel in der grossen magnetischen Sicherheit zu suchen ist. *H. R.*

---

3. Geschichte.

Die Sirenen. Ein Beitrag zur Entwickelungsgeschichte der Akustik. Teil III: Der Streit über die Definition des Tones. Von Dr. Ernst Robel. Progr. des Luisenstädt. Realgymnasiums zu Berlin, Ostern 1895, *Pr. No. 98.* An die im vorjährigen Programm (vgl. d. Zeitschr. *VIII 42*) gemachten Mitteilungen schliesst der Verfasser nunmehr eine genaue Darstellung des Streites zwischen Ohm und Seebeck über die Definition des Tones. Es handelte sich dabei um die Entscheidung der Frage, ob unser Ohr nur dann einen einzigen Ton wahrnimmt, wenn eine pendelartige Bewegung allein vorhanden

ist, und ob jede andere periodische Bewegung nur eine Zusammensetzung mehrerer Töne sei — oder ob auch bei anderen Gesetzen der periodischen Bewegung nur ein einziger Ton wahrgenommen werden könne. Die Frage spitzte sich im Verlauf der Diskussion dahin zu, ob der Grundton durch die harmonischen Obertöne verstärkt werde, und wie diese Thatsache, die zuerst von Seebeck bemerkt, dann von Ohm zugegeben wurde, zu erklären sei. Ohm schrieb sie einer Wahrnehmungstäuschung zu, indem das Ohr die specifische Verschiedenheit der „Beitöne" überhöre und sie zum Grundton ziehe, Seebeck dagegen wollte die Definition des Tones überhaupt erweitert wissen. Als Seebeck 1849 plötzlich starb, schien die Frage zu seinen Gunsten entschieden, und Ohm, der ihm fünf Jahre später nachfolgte, erlebte nicht mehr den Sieg seiner Auffassung, der durch Helmholtz vermöge der scharfen Unterscheidung von Ton und Klang herbeigeführt wurde. Es zeigte sich, dass hier, wie so oft, erst eine genauere Begriffsbestimmung den Streit schlichtete und dass jede Partei mit ihrer Auffassung im Rechte blieb, derart, dass für den Klang eine neue Definition im Sinne Seebecks aufgestellt wurde, dem Ton dagegen die Ohmsche Definition erhalten blieb. „Lässt man alles, was Seebeck in dem Streit mit Ohm behauptet hat, vom Klange gelten, und was Ohm behauptet hat, vom Ton, so sind beide ausgezeichnete Physiker im Recht und beide Behauptungen können ungestört neben einander bestehen." (Helmholtz.)

Für die Erklärung des Klanges blieb ebenfalls die Ohmsche Theorie gültig, wonach das Ohr jede periodische Bewegung in einfache pendelartige Bewegungen zerlegt, wie es in der Rechnung durch den Satz von Fourier geschieht. Dieser Theorie hat Helmholtz allgemeine Anerkennung verschafft, aber die ersten experimentellen Nachweise dafür hat der Insterburger Gymnasiallehrer A. Brandt geliefert, der in einer bereits 1855 für Professor Helmholtz in Königsberg geschriebenen, aber erst 1861 auf dessen besonderen Wunsch (in *Pogg. Ann. Bd. 112*) veröffentlichten Abhandlung die im Ohmschen Sinne aufgefasste Fouriersche Reihe zur Erklärung des Klanges der Saitentöne benutzt und exakt bewiesen hat, dass die Verschiedenheit der Schwingungsform einer gespannten Saite sich in der Verschiedenheit der mitklingenden Töne zu erkennen gebe. Der Verfasser giebt eine ausführliche Darstellung dieser Versuche, die in ihren wichtigsten Teilen an die Beobachtungen von Thomas Young über das Anzupfen von Saiten in den Knotenpunkten ihrer Flageolettöne anknüpften. Leider ist nicht angegeben, wieviel von den Leistungen Brandts ihm selber, und wieviel einer Anregung durch H. v. Helmholtz zuzuschreiben ist. Dankenswert wäre es, wenn sich über diesen Punkt noch Genaueres feststellen liesse. Für Helmholtz wurde der Nachweis für die Richtigkeit der Ohmschen Theorie die Grundlage, von welcher er zur Erklärung der Combinationstöne, zur Erfindung der Resonatoren, zum Nachweis der Ursache für die Klangfarbe der Vokale, endlich zur Untersuchung des Klanges aller musikalischen Instrumente fortschritt.

Der Verfasser weist zum Schluss darauf hin, wie das Verdienst Ohms darin bestehe, die durch reine Intuition gewonnene Vorstellung vom Wesen des Tones in solche Formeln gekleidet zu haben, dass ihre glänzende experimentelle Bestätigung nicht lange auf sich warten liess, und wie andererseits, bei der gegebenen Natur des Problems, dasselbe wohl niemals auf rein experimentellem Wege gelöst worden wäre. *P.*

---

4. Unterricht und Methode.

Entwurf zu einem Lehrplan für das Königstädtische Real-Gymnasium zu Berlin. Von Direktor Dr. Vogel. Teil III, Naturbeschreibung, Ostern 1894, Pr. No. 97. Teil IV, Physik und Chemie, 1895, Pr. No. 97. —

Aus dem vorjährigen Programm (Teil III des Entwurfs) ist für unsere Zeitschrift von Interesse, dass in Unter-II während des zweiten Semesters 2 Stunden des naturbeschreibenden Unterrichts für einen abschliessenden und zugleich propädeutischen Lehrgang bestimmt sind, der als „allgemeine Naturlehre" bezeichnet wird. Die Betrachtung „knüpft

an die grossen Gruppen von Naturerscheinungen an, welche die Alten Elemente nannten, und die sich dem Auge auch ganz natürlich darbieten, wenn man von der Betrachtung der Pflanzen und Tiere nur den Blick hinlenkt zu dem Boden auf dem sie wachsen und sich nähren, zu dem Wasser das sie trinken, der Luft die sie atmen, der Wärme die ihren Lebensprozess unterhält." Im besonderen werden beim Wasser die Verwandlungen der drei Aggregatzustände und ihre Beziehungen zu geographisch-meteorologischen Erscheinungen vorgeführt, bei der Luft: Schwere, Luftdruck, Zusammensetzung der Luft, Rolle der Kohlensäure und des Wasserdampfes in der Luft, bei der Verbrennung: Gewichtszunahme beim Verbrennen, Verbrennungsprodukte, Atmung, Kreislauf des Wasserstoffs; bei den Erden: Steinsalz, Schwefel, Kalk, Kieselerde, einige Silicate und Erze, Gesteinsarten. Daneben sind Beobachtungen im Freien angegeben. Man wird zweifeln dürfen, ob für die hier beabsichtigte Betrachtung der allgemeinsten terrestrischen Vorgänge auf dieser Stufe des Unterrichts schon ein hinreichendes Maass von Begriffen und Anschauungen vorausgesetzt werden kann. So lange es indessen auf der Oberstufe an einem derartigen abschliessenden Kursus fehlt, wird der hier vorgelegte Plan immerhin es möglich machen, dass die genannten Vorgänge den Schülern wenigstens in grossen Zügen bekannt werden. Auch weist der Entwurf selbst darauf hin, dass einzelne Partieen der physikalischen Geographie auch späterhin namentlich in der Wärmelehre Berücksichtigung finden können.

In Teil IV sind zunächst allgemeine Gesichtspunkte dargelegt, in denen sich eine erfreuliche Übereinstimmung mit den in dieser Zeitschrift ausgesprochenen Auffassungen bekundet. Von dem Unterricht wird verlangt, dass er den Schülern Verständnis für Wesen und Aufgabe der Forschung öffnet. Für den propädeutischen Kursus in U-II sollen die einfachsten und zugleich wichtigsten Versuche ausgewählt und für alle Lehrer verbindlich festgestellt werden; auf den Gebieten der Akustik, Optik, des Magnetismus und Galvanismus wird Beschränkung auf das unumgänglich Notwendigste gefordert [hiernach scheint uns u. a. schon die im Speziallehrplan angegebene Herleitung der Formeln für Concavspiegel und Sammellinsen über das Mindestmaass hinauszugehn]; die Wärme findet schon in der Naturlehre (Teil II) ausreichende Berücksichtigung und bedarf nur geringer Ergänzungen; der Unterricht kann sich daher in dem einen Halbjahr vornehmlich auf Mechanik, in dem anderen auf Reibungselektricität concentrieren. — Der Ober-II wird die Aufgabe zugewiesen, den propädeutischen Kursus mit dem Unterricht der Prima zu vermitteln. Das Pensum bilden Magnetismus, Galvanismus und Wärmelehre, daneben wird die Mechanik teils durch Repetitionen befestigt, teils durch die Lehren vom schiefen Wurf, von der Centralbewegung und vom Schwerpunkt erweitert. Der Prima sind Akustik, Optik, Mechanik und Teile der mathematischen Geographie in der Art zugewiesen, dass der U.I mehr die grundlegenden Begriffe und Gesetze, der O.I mehr die theoretischen Erörterungen zufallen. Aus der Mechanik kamen im grossen und ganzen in der U.I die Fälle wo die Kraft constant ist, in der O.I die Bewegungen bei veränderlichen Kräften zur Behandlung. In beiden Klassen wird überdies das Gesamtgebiet der Physik zweckmässig ergänzt, so kommen aus der Elektricität Messungen der Stromstärke und des Widerstandes sowie die Lehre vom elektrischen Potential, aus der Wärmelehre das mechanische Wärmeäquivalent und die Wärmestrahlung hinzu.

Über Ziele und Wege, sowie über das Verfahren des Unterrichts bietet der Entwurf beachtenswerte Ausführungen, auf die näher einzugehen wir uns hier versagen müssen. Dass die induktive Methode auf der oberen wie auf der unteren Stufe zu ihrem Rechte kommen muss, finden wir auch hier nachdrücklich betont. Der historischen Betrachtungsweise wird eine ganz besondere Bedeutung zuerkannt, und in diesem Zusammenhange namentlich eine genauere Würdigung der Vorgeschichte und der Entdeckung des Beharrungsgesetzes anempfohlen. Endlich sind neben den chemischen auch physikalische praktische Übungen angesetzt, für die ein Kanon von 42 zum Teil messenden Versuchen aus den verschiedenen Gebieten der Physik aufgestellt ist. Die in einem früheren Programm der-

selben Anstalt (vgl. d. Zeitschr. *IV 315*) veröffentlichten Messungsaufgaben scheinen in dieser neuen Zusammenstellung eine wesentliche Abänderung zu gunsten einer vielseitigeren Durchbildung erfahren zu haben. Angeschlossen ist noch ein Lehrplan für die Chemie, der einen Kanon von unbedingt im Unterricht anzustellenden Experimenten (79 für O.II, 62 für U.I, 28 für O.I) und ebenso Arbeiten für das Laboratorium darbietet. *P.*

Über den chemischen Unterricht an Realschulen. Von Dr. Wilhelm Möhring. Dritte städt. Realschule zu Berlin, Ostern 1895 Pr. No. 119. 18 S.

Der Verfasser will, dass auch aus dem einjährigen chemisch-mineralogischen Kursus der Realschulen ein Gewinn für das Leben hervorgehe, der nicht bloss in der Kenntnis einzelner Elemente und ihrer Verbindungen, sondern in einer gewissen Fähigkeit zur richtigen Beurteilung chemischer Vorgänge, wie sie sich im täglichen Leben aufdrängen, besteht. Er will die Hypothese aus dem Unterricht nicht ausschliessen, sucht vielmehr im Laufe der Darstellung die Schüler selber darauf hinzuleiten, dass sie „in den chemischen Vorgang hineinkriechen, ihn in der Phantasie mitmachen.“ Ein solches Sichhineinleben der Schüler in den Vorgang ist sicher eine erstrebenswerte Wirkung des Unterrichts, und der Lehrer wird gut thun darauf hinzuweisen, das Atome und Moleküle nicht grobsinnliche Realitäten sondern Begriffe sind, vermöge derer der Geist sein Bedürfnis nach mechanischer Anschaulichkeit (viel mehr als das eigentliche Causalitätsbedürfnis) zu befriedigen sucht. In methodischer Hinsicht weiss der Verfasser die Verdienste von Arendt und Wilbrand zu schätzen, geht aber doch zu weit in der Behauptung, dass von den Methodikern der Hinweis auf den Wert positiver Kentnisse fast ganz übergangen werde. [Der andere Vorwurf, dass auch die Übung des Ausdrucks in der Wiedergabe des Durchgenommenen vernachlässigt werde, trifft noch weniger zu, da die Anregung zu solcher Übung nicht Sache des Lehrbuchs, sondern des lebendigen Unterrichts ist und die hier zu erreichende Leistung von der verfügbaren Zeit abhängt.] Für den einjährigen Kursus der Realschule wird allerdings die Methode von Arendt und Wilbrand nicht ohne weiteres verwendbar sein. Indessen lässt die von dem Verf. mitgeteilte Skizze seines eigenen wohlüberlegten Lehrganges, deutlich erkennen, wie sehr er selber unter dem Einflusse des „frischen Zuges“ steht, den die genannten Methodiker in den chemischen Unterricht gebracht haben.

Wir versuchen aus dem Lehrgange einzelne bemerkenswerte Züge herauszuheben. Den Anfang machen Betrachtungen zur Klarlegung des Energiebegriffs. Die Bedeutung der strahlenden Energie, des Lichtes, für das organische Leben wird dargethan, ebenso seine Einwirkung auf anorganische Stoffe. Lebendige Kraft nnd thermische Energie werden an einfachen Beispielen erläutert: Wärme besteht in der lebhaften Bewegung der Moleküle und ihrer Teile; daher kann die Wärme zerlegend wirken. Begriff des Elements, Zerlegung von Quecksilberoxyd. [Das Wort Dissociation ist hier in einem weiteren Sinne, als sonst üblich, angewendet.] Die Verbrennung von Magnesiumband liefert ein Beispiel der Verwandlung von chemischer in strahlende Energie. Dass eine solche Verwandlung auch bei gewöhnlicher Temperatur stattfinden kann, zeigt das Leuchten des Phosphors. Die Verbrennung von Kohle führt auf den Begriff der Bildungswärme. Durch einleitende Betrachtungen und Versuche solcher Art wird eine anschauliche Unterlage für die weitere Verwertung des Energiebegriffs gewonnen; man wird dem Verfasser darin beipflichten müssen, dass solche Betrachtungen wesentlich zur Sache gehören, obschon bei dem Mangel an messenden Versuchen die Behandlung dogmatisch bleiben muss. — Ein mehr heuristisches Verfahren wird bei den dann folgenden Auseinandersetzungen über die Verbrennung eingeschlagen. Die bekannten Versuche der Verbrennung von Eisenfeile am Magnet, Phosphor unter der Glocke, Licht auf der Wage unter Auffangung der gasförmigen Produkte werden angestellt. Beim Rosten des Eisens wird ein längerer Excurs über Einfluss der Masse und der Oberfläche eingeschaltet, dann durch Reduktion von Eisenrost mittelst Wasserstoff der Nachweis für die Thätigkeit des Sauerstoffs beim Rosten geliefert. Auch beim Kupfer wird der Einfluss der Oberfläche gezeigt, indem sowohl Oxydul wie Oxyd dargestellt wird. Durch Überleiten von trockener Luft über glühendes Kupfer wird der Stickstoff aus der

Luft gewonnen. Hieran schliessen sich das Gesetz der constanten und multiplen Proportionen und die Grundzüge der Stöchiometrie. — Es folgen dann in ähnlicher von methodischen Gesichtspunkten durchsetzter Bearbeitung: Schwefel und Schwefeleisen; Kohlenoxyd und Kohlendioxyd nebst Ausblick auf die Gewinnung der Metalle; Salzsäure und Chlor, Einwirkung von Salzsäure auf Schwefeleisen; Constitution der Salzsäure, Einwirkung von Salzsäure auf Zink; Darstellung von Schwefelsäureanhydrid aus Schwefeldioxyd und Sauerstoff; Schwefelsäure, Zinkvitriol, Begriff der Salze; Einwirkung von Chlor auf Natrium, Zusammensetzung von Chlornatrium; Braunstein, Darstellung von Chlor aus Braunstein und Kochsalz; Wirkung der Elemente in statu nascendi aufeinander; chemische Verwandtschaft; Brom, Jod; Krystallisationen. — Dann wird zur Theorie übergegangen. Aus der Kenntnis der Verbindungsgewichte „lässt sich über die Anzahl der Atome in den einzelnen chemischen Verbindungen [richtiger: über das Zahlenverhältnis der Atome] nichts Bestimmtes aussagen.“ Dazu bedarf es der Avogadroschen Hypothese. Dies wird so ausgedrückt: „An der Hand der Hofmannschen Versuche und mit Hilfe des Mariotteschen Gesetzes und des von Gay-Lussac schliesse man auf die Richtigkeit der Avogadroschen Hypothese.“ In Wahrheit verhält es sich wohl vielmehr so, dass die Gesetze von Mariotte und Gay-Lussac die Avogadrosche Hypothese als annehmbar erscheinen lassen und dass aus den Hofmannschen Versuchen mit Hilfe dieser Hypothese die Atomgewichte der Elemente hergeleitet werden können, ohne dass doch das Zusammenstimmen der Resultate mehr als die Wahrscheinlichkeit der zugrundegelegten Hypothese ergäbe. Die Folgerungen auf Atom- und Molekulargewicht, sowie das Gesetz von Dulong und Petit werden nur kurz und dogmatisch vorgeführt, dagegen dem Vorgang der Elektrolyse einige experimentelle Darlegungen gewidmet. — Der weitere Stoff wird nach der chemischen Ähnlichkeit der Elemente gruppiert, doch auch hier nicht ausschliesslich systematisch vorgegangen, sondern z. B. die Hydroxyde, Basen, Säuren, Salze, Radikale u. s. w. bei Besprechung industrieller Vorgänge (Fabrikation von Schwefelsäure, Soda, Glas, Porzellan) behandelt. —

Der Verfasser glaubt, dass man mit den Schülern nach dem angedeuteten Lehrgange schnell bis zum Verständnis der chemischen Formelsprache vordringen werde, ohne die induktive Methode irgendwie zu vernachlässigen. Es sei „zum Verständnis der Grundbegriffe der Chemie keineswegs erforderlich, bei jedem Schritt immer wieder aufs neue denselben zeitraubenden Gang der Induktion zu wählen, wenn man von vorn herein dafür sorgt, dass die chemischen Reaktionen unter allgemeinen Gesichtspunkten aufgefasst werden und nicht jede einzelne Erscheinung als ein Ding für sich behandelt wird, das man nach allen Seiten bis in das Kleinste hinein durcharbeiten müsse.“ Aus dem vorher Angeführten wird man ersehen, dass der Verfasser dieses Prinzip auch im einzelnen zu verwirklichen verstanden hat. *P.*

5. Technik und mechanische Praxis.

Zeichnungen auf Glas. Nach den Angaben des Herrn Ch. Margot, Präparators im physikalischen Laboratorium der Hochschule in Genf, lassen sich auf Glas, Porzellan und anderen kieselsauren Verbindungen unauslöschbare Zeichnungen in einfachster Weise herstellen, indem man die Oberfläche dieser Körper sorgfältig mit Wasser oder Wasserdampf reinigt und dann mit einem Aluminiumstift die Zeichnungen darauf ausführt, welche einen sehr schönen Metallglanz zeigen und sich nicht auswischen lassen. (*Arch. d. Sc. phys. et nat. Genève* (*3*) *XXXII 138, 1894.*) Es sei bei dieser Gelegenheit daran erinnert, dass für ähnliche Zwecke in Laboratorien vielfach der Fettstift von A. W. Faber (Preis des Stückes 0,35 M.) verwendet wird. Man kann damit allenthalben, auf Metall, Porzellan, zur Not auch auf glattem Glase Inhaltbezeichnungen anbringen, die sich wohl mechanisch leicht wieder entfernen lassen, aber von ätzenden Flüssigkeiten nicht angegriffen werden. *H.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Lehrbuch der kosmischen Physik. Von Joh. Müller. 5. umgearbeitete und vermehrte Auflage von C. F. W. Peters. Mit 447 in den Text eingedruckten Holzstichen und 25 dem Text beigegebenen sowie einem Atlas von 60 zum Teil in Farbendruck ausgeführten Tafeln. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1894. 907 S. M. 26,—.

Müllers kosmische Physik hat in gleicher Weise wie sein Lehrbuch der Physik zur Verbreitung naturwissenschaftlichen Erkennens in Deutschland erheblich beigetragen. Es ist daher mit Freuden zu begrüssen, dass dieses allmählich veraltende Werk, dessen letzte (4.) Auflage 1875 der Verfasser selbst noch erscheinen liess, einen Bearbeiter gefunden hat, der es nach dem heute zur Verfügung stehenden Material ergänzt und verbessert hat. Das Buch führt unter nur mässiger Anwendung von Mathematik, mehr durch geometrische Anschauung als durch Formel-Entwicklung, leicht und verständlich in die Astronomie ein, eben so in die Meteorologie und die Lehre von der atmosphärischen Elektricität und dem Erdmagnetismus. Von den Zusätzen der neuen Auflage seien hervorgehoben: Die Rotation der Sonne, die Entdeckungen Schiaparellis über die Rotation des Merkur, über die Marskarte, die Bestimmung von Fix-Stern-Bewegungen mit dem Spectroskop, ferner sind die photometrischen Angaben berichtigt, die Zahl der kleinen Planeten ist von 107 auf 353 gewachsen. Die Angaben über Doppel-Sterne sind nach neuen Bestimmungen verändert, so ist die Umlaufszeit der beiden Castor-Sterne aus 153 Jahren in 1000 Jahre verwandelt. Zu vermissen sind Notizen über die neuesten temporären Sterne und den Sternschnuppen-Schwarm vom November 1885. In der Meteorologie sind die vielen Temperaturangaben jetzt alle nach Celsius-Graden umgerechnet und modernen Werken wie Hann, Woeikoff, v. Bebber entnommen, während sie sich früher auf Dove stützten. Die jetzigen Ansichten über das feste Erdinnere werden auf die Erklärung der Vulkane und der Erdbeben angewandt. Zugleich wird dargelegt, wie verfehlt es ist, Wetterprognosen aus der Einwirkung des Mondes auf das Erdinnere und die Atmosphäre abzuleiten. Für den Erdmagnetismus haben die Neumayerschen Untersuchungen neue Grundlagen geliefert. — Volle Anerkennung verdient die sorgfältige und mühevolle Arbeit, die auf die Ergänzung des Atlas verwandt ist. So sind die beiden grossen Karten der heliocentrischen Planetenbahnen, die in der letzten Auflage nur bis zum Jahre 1879 reichten, jetzt auf die nächsten Jahre, zum Teil bis 1900 fortgesetzt. Sie bilden einen Hauptvorzug des Atlas, da sie ohne Rechnung auch den geocentrischen Ort jedes Planeten nach Länge und Breite zu finden gestatten; noch brauchbarer wären sie, wenn eine Karte des Fixsternhimmels, bezogen auf die Ekliptik, beigefügt würde, um den gefundenen Planetenort sofort in ein Sternbild übertragen zu können. Ferner sind hinzugekommen Karten der Mars-Oberfläche, grosse Bilder des Jupiter und Saturn, schöne Aufnahmen des zu- und des abnehmenden Mondes, eine sehr reichhaltige Karte der ganzen Mondscheibe nach Nasmyth, die 229 Krater aufführt, endlich Darstellungen der Sonnenscheibe, des Orion- und des Andromeda-Nebels. Die Karte über die Verteilung des Regens ist berichtigt, die Jahresisothermen zeigen jetzt auch auf der südlichen Halbkugel Ausbiegungen, in denen die Umrisse der Continente sich ausprägen. Auch die Monats-Isothermen und die Isanomalen sind erheblich verändert, neu sind Karten der Isobaren und der Meeres-Strömungen. Die Isogonen, Isoklinen, magnetischen Meridiane sind für 1885,0 nach Neumayer in je drei Karten, einer Mercator- und zwei Polarprojectionen, dargestellt.

Somit wird das Buch auch in der neuen Auflage sich als nützlich und brauchbar erweisen und über alle Fragen der kosmischen Physik zuverlässige, dem heutigen Stande der Wissenschaft entsprechende, Antwort geben. Immerhin zeigt sich, dass in einigen Gebieten das Sammeln der neueren Erscheinungen und die Berücksichtigung der Literatur nicht so vollständig durchgeführt ist, wie das für die früheren Auflagen seitens des Verfassers geschah.

Im folgenden sei auf einige Punkte noch besonders hingewiesen, teils um einige bemerkenswerte Angaben des Buches allgemeiner zu verbreiten, teils um auf mögliche Verbesserungen hinzudeuten.

Da die Sternkarten unverändert geblieben sind, so müsste in der Überschrift gesagt sein, dass die Positionen etwa für 1855 gelten. Seitdem haben sich die Sterne um $^1/_2$° in Länge verschoben. Es ist dadurch mehrfach die Übereinstimmung der Karte mit dem Text, der für 1890 erneuert ist, verloren gegangen. Regulus hat z. B. nicht die ihm im Text zugeschriebene Rektascension von $150^3/_4$°, sondern nur 150°. Die Sonne überschreitet die Ekliptik in der Karte am 21. März, nicht wie im Text steht am 20. März, eine Abweichung, die sich mit dem Ende des Jahrhunderts einstellt, und durch Wegfall des Schalttages im Jahr 1900 wieder ausgeglichen wird. Die Sterne in der Krone geben nicht ganz die richtige Gestalt, die Signaturen für die Grössen-

klasse in Karte III und IV sollten in Übereinstimmung gebracht werden. Die Sternkarten mit blauem Grunde ohne Namen und Linien könnten wohl fehlen, der Anblick eines solchen blauen Blattes ist von dem Eindruck des gestirnten Himmels so verschieden, dass das Auffinden der Sterne am Himmel dadurch nicht erleichtert wird. Wer die Sternbilder schon kennt, kann leicht bestätigen, dass er dieselben am Himmel leicht, in der blauen Karte nur mit grosser Mühe und unsicher findet.

Während alle Apparate durch gute perspectivische Figuren der Anschauung nahe gebracht sind, ist leider die Himmelskugel mit den wichtigsten Kreisen immer nur schematisch oder conventionell, d. h. so dargestellt, wie sie von keinem nahen oder fernen Augenpunkt aus erscheinen kann. Noch dazu ist durch Licht und Schatten der Schein erweckt, als sei das Bild etwa nach einer photographischen Aufnahme eines gläsernen Himmelsglobus hergestellt. Solche Figuren verhalten sich zu wirklichen, auf den Sehprocess Rücksicht nehmenden, Bildern etwa wie die Itinerarien der Römer oder Eisenbahnfahrpläne zu Landkarten. Es kommen zwar alle Kreise vor, die an der Sphäre sind, aber nur wenige haben zu einander die richtige Lage. Projiciert man einen Himmelsglobus schief auf die Ebene des Meridians, so treten die Parallelkreise im Bilde zum Teil aus dem Umfange des Meridians heraus, der Umfang der Kugel wird elliptisch. Will man das Letztere vermeiden, so muss man die Zeichenebene nicht in die Ebene des Meridians, sondern senkrecht zu den Projectionsstrahlen legen, aber auch dann dürfen die Bilder der Parallelkreise nicht so verzerrt werden, dass sie den Meridian nur in zwei Punkten berühren. Scheinbare Schnittpunkte können, wenn nötig, von wirklichen in der Zeichnung durch bestimmte Signaturen unterschieden werden, am körperlichen Modell werden sie durch Ortsveränderungen des Auges erkannt.

Der erste Satz des Buches lautet: Der Himmel erscheint uns als eine ungeheure Hohlkugel, von der wir nur die Hälfte übersehen. Wir befinden uns in dem Mittelpunkt. Die Voranstellung dieses Satzes ist bedenklich, sie kann leicht dazu führen, dass der Lesende den hier sich regenden Widerspruch aus Rücksicht auf fremde bessere Einsicht oder Auffassung glaubt unterdrücken zu müssen. Der Satz darf nicht als Dogma aufgestellt, sondern muss so abgeleitet werden, dass man die Grenze seiner Geltung erkennt. Der Himmel erscheint uns nicht als Halbkugel, sondern als flaches Gewölbe. Weil wir aber wahrnehmen, dass der Richtungsunterschied zwischen irgend zwei Sternen eines Sternbildes, nach Graden gemessen, constant ist, wenn auch die Gestalt des Sternbildes beim Übergange vom Zenith nach dem Horizont sich noch so sehr zu ändern scheint, so ist es mathematisch zweckmässig, die Sterne auf eine ungeheure Hohlkugel zu projicieren, und den Sternhimmel als eine kleine Hohlkugel nachzubilden, denn nur auf einer solchen Fläche gehören constante Entfernungen zu constanten Richtungsunterschieden.

Ähnlich zeigt sich ein zu schnelles Vorübereilen an einem wichtigen Gedanken, wenn das tropische Jahr nur definiert wird als Zeit zwischen zwei Durchgängen der Sonne durch den Frühlingspunkt. Interesse für die Betrachtung gerade dieses Zeitraums kann doch erst erwartet werden, wenn man aus dem Wechsel der Jahreszeiten auf ihn hingeleitet wird.

Die Darstellung des Rückgangs der Tag- und Nachtgleichen-Punkte bleibt unklar. Der Frühlingspunkt sei veränderlich, die Ekliptik nicht. Sie werde aber vom Äquator im Frühlingspunkt geschnitten. Dies lasse sich nur durch die Annahme erklären, dass der Äquator allmählich seine Stellung ändere. Daraus folge weiter, dass die Weltaxe einen Kegel um den Pol der Ekliptik beschreibe. Diese Folgerung ist nur richtig, wenn man weiss, das die Schiefe des Äquators gegen die Ekliptik constant bleibt, was also hervorgehoben werden musste. Wozu aber hier aus Hypothesen deducieren, wo man alles klar sehen kann? Der Pol ist am Himmel durch seine Lage gegen Fixsterne bestimmt, wenn man die Deklinationen zweier Sterne kennt; sein Weiterrücken ist also durch Vergleich alter und neuer Beobachtungen direkt zu erkennen. Der Satz: „Der Rückgang der Nachtgleichen heisst auch Präcession“ ist aus der früheren Auflage beibehalten, er müsste heissen: „Der Rückgang der Nachtgleichenpunkte lässt sich auch auffassen als Präcession der Nachtgleichen“. Zwischen Nachtgleichen und Nachtgleichenpunkten ist ein Unterschied wie zwischen Frühling und Frühlingspunkt. Der in dieser Zeitschrift (*VII 186*) schon früher dargelegten Unterscheidung der fälschlich synonym gebrauchten Ausdrücke schliesst sich auch Haas an in seiner Schrift: Über einige Apparate zur Demonstration der Präcession. Wien. 1894.

Dies führt uns zu der Beanstandung einer anderen verbreiteten Ausdrucksweise. Eine Drehungsrichtung kann nicht durch zwei diametral entgegengesetzte Punkte eines Kreises, A und B, ausgedrückt werden, wie sollen die Drehungsrichtungen von A nach B und von B nach A unterschieden werden? Doch sagt man immer: Der Himmel dreht sich von links nach rechts, oder von Osten nach Westen. In einem Fall denkt man hinzu, dass es sich um ein Sternbild vor den

Augen des Beobachters, im andern, dass es sich um ein Sternbild im Süden handelt. Daher ist es besser, wie es sich im vorliegenden Buche findet, zwei Punkte des Kreises anzugeben, die nicht um einen Halbkreis auseinanderliegen, also zu sagen, die Rektascension wird gerechnet in der Richtung von Süden nach Osten. Geradezu das Entgegengesetzte des eigentlichen und naturgemässen Sinnes läge in dem Ausdruck: Die Venus bewegt sich von der Sonne nach Osten, das soll heissen gegen den Uhrzeiger, wenn man annimmt, dass die Sonne zur Zeit dieser Beobachtung selbst im Nordosten oder Norden stand.

Ein merkwürdiger Irrtum ist erhalten geblieben bei der Beschreibung der scheinbaren Planetenbahnen. Nachdem die Zeit zwischen zwei Übertritten von der Südseite nach der Nordseite der Ekliptik ohne weitere Begründung als siderische Umlaufszeit definiert ist, wird behauptet, die aufsteigenden Knoten, wo der Übertritt stattfindet, ständen zwar am Himmel nicht ganz fest, wanderten aber doch nur langsam, was durch eine Beziehung auf Jupiter oder Saturn hätte erläutert werden können. Statt dessen wird gerade der Merkur herbeigezogen, bei dem die Zeit von einem aufsteigenden Knoten zum nächsten gleich drei Monaten ist, er durchmesse also in drei Monaten den ganzen Himmel! Das ist grundfalsch, als Begleiter, man kann sagen Trabant, der Sonne durchmisst er den Himmel natürlich in einem Jahr. Statt einer Deduktion aus mangelhaft inducierten allgemeinen Sätzen wäre hier die direkte Anschauung der Bahnen am Himmel oder einer sie darstellenden Karte bei weitem vorzuziehen. Die Betrachtung einer solchen lehrt unmittelbar alle Eigentümlichkeiten der Planetenbahn kennen, und sie kann, wenn alljährlich erneuert, stets am Himmel auf ihre Richtigkeit geprüft werden. Müller selbst empfahl in den früheren Auflagen derartige graphische Darstellungen des Planetenlaufs, die er selbst herausgegeben hatte. In wie weit die alljährlich dieser Zeitschrift beigegebene Karte für den Unterricht verwertet wird, darüber ist wenig bekannt geworden. Das vorliegende Buch scheint auf den Inhalt der Zeitschrift keine Rücksicht genommen zu haben.

In dem Vorwort zur dritten Auflage (1871) bedauerte Müller, dass deren Erscheinen sich durch verschiedene Umstände, besonders durch den deutsch-französischen Krieg, so verzögert hätte, dass die ausführliche Beschreibung des Marslaufes für die Jahre 1870/71 nun nicht mehr bevorstehende, sondern vorübergegangene Erscheinungen berichte. Der Bearbeiter hat daher schwerlich im Sinne des Verfassers gehandelt, wenn er nun fast zum 25 jährigen Jubiläum jenes Krieges wieder jenen Lauf des Mars abdruckt.

Eine empfehlenswerte Neuerung des Bearbeiters besteht in der Unterscheidung einer ersten und zweiten Quadratur in den kurzen Angaben über die bevorstehenden Planeten-Erscheinungen. Er rechnet dabei von der Conjunktion aus. Bei der ersten Quadratur ist der Planet in der zweiten Hälfte der Nacht sichtbar, bei der zweiten in der ersten Hälfte. Umgekehrt ist es beim Monde, der zur Zeit des ersten Viertels (d. h. Geviertscheins oder Quadratur) in der ersten Hälfte der Nacht scheint. Hervorgehoben sei auch die merkwürdige Erscheinung, dass Venus im Februar 1894 einige Tage hindurch sowohl Abend- als auch Morgenstern gewesen ist.

Nach den jetzigen Ergebnissen der Photometrie ist Sirius so hell wie 3000 Sterne sechster Grösse. Ein Fernrohr mit 60facher Vergrösserung, das alle vom Objektiv aufgefangenen Strahlen in die Pupille schickte, würde also, wenn man die Lichtverluste durch Reflexionen vernachlässigt, einen Stern sechster Grösse so hell wie den Sirius zeigen.

Für das Sehen der Fix-Sterne am Tage empfiehlt Peters sehr starke Vergrösserungen, bei mässigem Objektiv, anzuwenden. Ob die Angabe des Aristoteles, man könne aus tiefen Schachten Sterne im Zenith am Tage sehen, richtig sei, wird von Peters aus theoretischen Gründen bezweifelt, da doch die Helligkeit im Zenith durch das Rohr nicht verringert werde. Es wäre aber doch möglich, dass die Abblendung der benachbarten Teile des Himmels günstig wirkt, die sich zwar zunächst nicht an dem gelben Fleck der Netzhaut abbilden, aber doch sekundäres Reflexlicht dorthin senden. So sind Zeichnungen auf einer Wandtafel, die zwischen zwei Fenstern hängt, am Tage aus der Mitte des Zimmers schwer erkennbar, werden aber deutlich, wenn man die beiden Handflächen als Schirme gegen das Licht der Fenster für das beobachtende Auge verwendet. Wenn Humboldt in den Bergwerken der Tropen und Sibiriens niemand fand, der ihm jenen Satz bestätigen konnte, so mag das daran liegen, dass man nicht erwarten kann, an jedem Ort und zu jeder Zeit durch einen Schacht oder Schornstein Sterne zu sehen. In Berlin gehen nur Sterne dritter Grösse durch das Zenith, hier müsste man sie also wohl mindestens mit einem Feldstecher ausgerüstet erwarten, wenn die Sternzeit gleich der Rektascension wird. Dagegen könnte man Capella in Lyon, Deneb in Bordeaux, Wega in Lissabon, Arktur in der Stadt Mexiko zur passenden Zeit vielleicht mit günstigem Erfolge aufsuchen.

Beibehalten ist eine unrichtige Ableitung des Wertes der Abplattung, die angeblich in naher Übereinstimmung mit der Wirklichkeit $^1/_{292}$ ergeben soll, aber gerade halb so viel ergiebt. Im kugelförmigen Erdkörper werden zwei Schachte angenommen, die vom Nordpol und Äquator zum Mittelpunkt gehen, wo sie mit einander communicieren. Sind sie mit Wasser gefüllt, so besteht Gleichgewicht zwischen dem Druck dieser Wassermassen, wenn die Erde nicht rotiert. Rotiert sie aber, so wird durch die Centrifugalkraft der Druck der Wassermasse in der Äquatorialröhre um $^1/_{292}$ vermindert, also müsste die Polarröhre um $^1/_{292}$ weniger hoch mit Wasser gefüllt sein. Das wäre aber nur richtig, wenn die Kraft, mit der die einzelnen Wasserteilchen nach unten gezogen werden, längs jeder Röhre constant wäre. Diese Kraft ist aber, wie auch angegeben, längs jeder Röhre proportional der Entfernung vom Mittelpunkt der Erde, also ist für die Bestimmung des Gesamtgewichts jeder Röhre dasjenige Gewicht der Wasserteilchen maassgebend, welches ihnen in der Mitte des Radius zukommt. Die Äquatorialröhre müsste deshalb, um Gleichgewicht herzustellen, von der Erdoberfläche aus, bis zur Tiefe $^1/_{292}$ des Erdradius, mit einer Flüssigkeit gefüllt sein, die nur halb so schwer wie Wasser ist, während die Polarröhre bis zur Tiefe $^1/_{292}$ des Erdradius leer sein müsste. Nimmt man dagegen zur Füllung beider Röhren ausnahmslos gewöhnliches Wasser, so würde von diesem schon eine Drucksäule von der Länge $^1/_{584}$ des Radius genügen, um den durch die Centrifugalkraft verloren gegangenen Druck zu ersetzen. Es ergäbe sich also die Abplattung $= ^1/_{584}$. Dass diese Abplattung nicht mit der beobachteten übereinstimmt, ist erklärlich, weil auf die Zunahme der Dichtigkeit nach dem Mittelpunkt der Erde keine Rücksicht genommen ist.

Die frühere Erklärung des Foucault'schen Pendels, bei der die Erdoberfläche durch einen längs des Parallelkreises sie berührenden Kegel ersetzt wurde, ist aufgegeben zu Gunsten derjenigen Methode, welche eine Zerlegung der augenblicklichen Erdrotation in 2 Componenten, um die Vertikale und um die Mittagslinie des Beobachtungsortes, benutzt. Jene ältere Darstellung wird dagegen in dem meteorologischen Teil benutzt, um den Satz zu beweisen, dass auf der rotierenden Erde jede horizontale Bewegung abgelenkt wird, und zwar auf der nördlichen Halbkugel im Sinne des Uhrzeigers und um einen Betrag, der proportional dem Sinus der geographischen Breite ist. In der vorigen Auflage war noch, nach Halley und Dove, die Ablenkung auf Bewegungen, insoweit sie parallel dem Meridian erfolgen, beschränkt, ein Irrtum, dem noch viele huldigen, die den angeblichen Seitendruck auf der Eisenbahn Hamburg-Harburg oder die Biegungen der von Norden nach Süden fliessenden Ströme dem populären Verständnis darlegen. Aber die Peters'sche Erklärung ist ein neuer Irrtum, die Ablenkung eines Steines, der auf glatter Erdoberfläche die sogenannte Trägheitsbahn beschreibt, ist nicht gleich der Ablenkung der Schwingungsebene des Foucault'schen Pendels, sondern sie ist doppelt so gross. —

Bei der Erklärung der Zeitgleichung wird angegeben, dass die Astronomen eine fingierte Sonne gleichmässig in Rectascension fortschreiten lassen, und zwar so, dass sie mit der wahren Sonne an dem Tage zusammentreffe, wo sich die Rectascension der letzteren am schnellsten ändert. Diese Bestimmung erscheint sehr willkürlich und ist auch nicht richtig. Die Rectascension der Sonne ändert sich am schnellsten am 22. Dezember, der deshalb der grösste wahre Sonnentag ist, die Zeitgleichung ist dagegen $= 0$ am 24. Dezember. Thatsächlich wird der Lauf der fingierten Sonne oder der Stand einer Uhr für mittlere Sonnenzeit in folgender Weise festgestellt. Man bestimmt nach einer Uhr, deren Gang nach mittlerer Sonnenzeit geregelt wird, deren Stand aber willkürlich ist, also etwa nach einer Uhr für Mittel-Europäische Zeit, täglich den Augenblick, wo die Sonne culminiert. Man findet dann in Berlin, dass dies immer in der Nähe von 12^h geschieht, höchstens 20^m später und höchstens 10^m früher, im Mittel aller während des Jahres gemachten Bestimmungen aber zur Zeit $12^h\,6^m$. Hierdurch wird man veranlasst, jene Uhr um 6^m zurückzustellen, alle früheren Angaben also um 6^m zu verringern, und man findet nun, dass am 24. Dezember die wahre Sonne genau um 12^h der neuen Uhr, welche mittlere Ortszeit liefert, culminiert.

M. Koppe.

Einführung in die Maxwellsche Theorie der Elektricität. Mit einem einleitenden Abschnitte über das Rechnen mit Vektorgrössen in der Physik. Von Dr. A. Föppl, Professor an der Universität Leipzig. Mit Figuren im Text. Leipzig, B. G. Teubner, 1894. M. 10,—.

Seit den Hertzschen Versuchen hat man sich mit ungewöhnlicher Schnelligkeit der Fernwirkungslehre ab- und der Maxwellschen Theorie zugewandt. Es entstand allgemein das Verlangen, sich in diese neue Anschauung rasch hineinzuarbeiten. Für den Gelehrten wird dies Bedürfnis durch die trefflichen Vorlesungen Boltzmanns befriedigt. Vorliegendes Buch wendet sich an einen etwas weiteren Leserkreis, Studierende der ersten Semester und Elektrotechniker, und will

die Maxwellsche Theorie in allgemein verständlicher Form dabei aber doch wissenschaftlich streng darstellen. Der Verfasser geht, soweit das irgend möglich, von den Erfahrungsthatsachen aus und giebt eine möglichst unmittelbare und deutliche Vorstellung von den Begriffen und Auffassungen der Maxwellschen Theorie. Bei den Ableitungen der Grundgesetze bildet das Energieprinzip nicht den Anfangs- sondern den Endpunkt. An mathematischen Kenntnissen wird die sichere Beherrschung der Anfangsgründe der höheren Mathematik vorausgesetzt. In dem ersten Abschnitt sind die Bezeichnungen und Verfahren der Vektorenrechnung sehr einfach und verständlich erörtert. Dem Leser ist dringend zu empfehlen, sich diesen Abschnitt recht gründlich anzueignen, damit er später nicht durch formale Schwierigkeiten, welche dem Wesen der Sache fremd sind, gestört wird. Durch die damit verbundene geringe Arbeit erlernt er die mathematische Zeichensprache, welcher in der theoretischen Physik die Zukunft gehört. Das Buch ist ein deutlicher Beweis, wie ungemein die Behandlung der Elektricitätslehre durch Einführung der Vektoren an Klarheit und Durchsichtigkeit gewinnt. Föppl hat sich bei der Darstellung des Rechnens mit Vektoren und auch sonst in vielen Punkten an O. Heaviside, den hervorragendsten Nachfolger Maxwells nach der speculativ-kritischen Seite, angeschlossen; sein Buch gewinnt dadurch auch für den Physiker von Fach bedeutend an Wert.

Das Buch ist kein Hand- sondern ein Lehrbuch, welches sich recht gut für die erste Einführung in die Maxwellsche Theorie eignet. Die frühere Beschäftigung des Verfassers mit den technischen Wissenschaften äussert sich vorteilhaft in der durchsichtigen Klarheit und Deutlichkeit der Darstellung. *Hahn-Machenheimer.*

Theorie des Fernrohrs auf Grund der Beugung des Lichts. Von Karl Strehl, Lehrer am Kgl. Gymnasium zu Landau, Pfalz. I. Teil. Mit einer Tafel. Leipzig, J. A. Barth (A. Meiner), 1894. VIII u. 136 S. M. 4,—.

Das Buch liefert eine Theorie des Fernrohrs auf der gleichen Grundlage, auf der Abbe seine Theorie des Mikroskopes aufgebaut hat, und ist von der grössten Wichtigkeit für die Construktion der Fernrohre und noch mehr für die Deutung der Beobachtungen. Der Verfasser hat die wenigen vorhandenen Vorarbeiten mit Geschick benutzt und durch eine stattliche Reihe wertvoller und neuer Entwicklungen erheblich weitergeführt. Die Arbeit ist ein hervorragender Beitrag zur Theorie der optischen Instrumente und findet hoffentlich eine grössere Berücksichtigung, als die verwandten Arbeiten von Abbe bis jetzt leider gefunden haben. *Hahn-Machenheimer.*

Geschichte der Chemie von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart. Zugleich Einführung in das Studium der Chemie. Von Dr. Ernst von Meyer, o. Professor der Chemie an der Technischen Hochschule Dresden. 2. verbesserte und vermehrte Auflage. Leipzig, Veit & Comp., 1895. XIII u. 522 S. M. 10,—.

Seit Hermann Kopp's „Geschichte der Chemie" erschienen ist, sind etwa fünfzig Jahre verflossen. Das für alle Zeit klassische Werk hat seither in Deutschland zwar viele Ergänzungen im einzelnen gefunden, aber das gesamte Gebiet zu behandeln, hat erst Ernst von Meyer wieder unternommen, dessen Buch zuerst 1889 erschien. Als Aufgabe war demselben vorgezeichnet, „im engen Rahmen die Entwickelung des chemischen Wissens, insbesondere der daraus abgeleiteten allgemeinen Lehren der Chemie, von ihren Anfängen bis auf den heutigen Tag darzulegen", eine Aufgabe, die um so wichtiger war, als das Kopp'sche Werk längst vergriffen ist, und um so schwieriger, als bis dahin die Chemie der letzten Jahrzehnte noch keinen Geschichtsschreiber gefunden hatte. Dass aber der Verfasser ein wirkliches Bedürfnis nicht nur richtig erkannt, sondern auch in ausgezeichneter Weise befriedigt hat, beweist die Thatsache, dass sein Buch schon nach sechs Jahren neu aufgelegt werden musste, und dass es auch in englischer Übersetzung eine beträchtliche Verbreitung gefunden hat.

Da die erste Auflage in dieser Zeitschrift nicht besprochen worden ist, so dürften einige Angaben nicht überflüssig sein. Der Stoff ist, ähnlich wie bei Kopp, nach Zeitaltern eingeteilt. Unter diesen sind die früheren (älteste Zeit, Alchemie, iatrochemisches und phlogistisches Zeitalter) bei weitem kürzer behandelt als „die neuere Zeit von Lavoisier bis auf unsere Tage", auf welche fast vier Fünftel des Buches entfallen. Für jedes Zeitalter wird zuerst eine allgemeine Darstellung seiner Theorieen und Forschungsrichtungen gegeben. Dann werden die einzelnen Zweige der Wissenschaft im besonderen behandelt; als solche werden, um nur auf das letzte und wichtigste Zeitalter einzugehen unterschieden: analytische, unorganische, organische, physikalische, mineralogische Chemie, ferner Agrikultur — und physiologische Chemie, technische Chemie und chemischer Unterricht. Diesem ebenso umfassenden als gründlichen Inhalte sachlicher Art entsprechen ferner fesselnd geschriebene Analysen des Wirkens der bahnbrechenden Forscher wie Lavoisier, Dalton,

Berzelius, Liebig u. s. w., sowie kurze Angaben über Leben und Thätigkeit aller wichtigeren Chemiker, darunter auch der lebenden. Für die zweite Auflage sind überdies die wissenschaftlichen Ergebnisse der letzten sechs Jahre hinzugefügt und zur Umarbeitung des Früheren die Aufschlüsse verwertet worden, welche inzwischen die historischen Studien Berthelot's sowie die Veröffentlichung der Briefe und Aufzeichnungen von Priestley, Scheele, Liebig und Wöhler geliefert haben. — Referent, welcher das Buch seit dem Erscheinen der ersten Auflage vielfach benutzt und in allen seinen Angaben als zuverlässig befunden hat, möchte schliesslich noch darauf hinweisen, dass man auch mit Hilfe des gut gearbeiteten Registers sich schnell und sicher über die Entwickelung unserer Kenntnisse von den verschiedenen Verbindungsarten als Alkohole, Carbonsäuren u. s. w., sowie von einzelnen Stoffen als Magnesium, Anilin u. s. w. unterrichten kann. In dieser Hinsicht bietet das Werk eine treffliche Ergänzung zu einem jeden Lehrbuche, während es im allgemeinen als ein ausgezeichneter Führer durch die ja auch pädagogisch so wertvolle Geschichte der Chemie bezeichnet werden muss. *J. Schiff.*

Grundriss der Elektrochemie. Von Dr. Hans Jahn. Wien, Alfred Hölder, 1895. X u. 311 S.

Die Elektrochemie hat durch die Arrhenius'sche Theorie der elektrolytischen Dissociation eine so fruchtbare Anregung erhalten, dass sie sich in kurzer Zeit zu einer besonderen ausgedehnten Wissenschaft entwickelt hat. Der Verfasser stellt die Haupterrungenschaften dieser Wissenschaft, an deren Ausbau er selbst mit einer Reihe von Arbeiten beteiligt ist, dar. Er zeigt namentlich, wie die Arrhenius'sche Theorie Schritt für Schritt zu neuen Einsichten geführt hat: „Die physikalische Chemie hat kaum jemals eine Theorie besessen, die über die heterogensten Gebiete so viel Licht verbreitet hätte.“ Im einzelnen sei namentlich an die Beziehung zwischen Gefrierpunktserniedrigung und Leitvermögen, an die Diffusionstheorie von Nernst, an die Theorie der Concentrationsströme und an die Erklärung der Potentialdifferenzen in galvanischen Elementen erinnert. Der Stoff ist in fünf Hauptabschnitte geordnet: I. Die Grundgesetze der Elektrochemie; II. Die Theorie der elektrolytischen Dissociation und einige ihrer wichtigsten Folgerungen; III. Die Wandlungen der Energie bei elektrochemischen Vorgängen; IV. Die galvanische Polarisation; V. Zersetzung der wichtigsten chemischen Verbindungen durch den Strom und einige Anwendungen der Elektrolyse.

Das Buch ist in erster Reihe für die Chemiker bestimmt, denen der Verfasser wegen ihrer Abneigung gegen mathematische Formeln scharf ins Gewissen redet; es sei ein fruchtloses Bemühen, in seitenlangen Auseinandersetzungen halb klar machen zu wollen, was eine Gleichung dem Eingeweihten in einer Zeile sagt. Aber nicht nur dem Chemiker ist das Werk zu empfehlen, sondern jedem, der an der Hand eines kundigen Führers tiefer in dieses interessanteste Gebiet der heutigen Forschung eindringen will. *P.*

Grundzüge der wissenschaftlichen Elektrochemie auf experimenteller Basis. Von Dr. Robert Lüpke. Mit 46 in den Text gedruckten Figuren. Berlin, Julius Springer, 1895. IV und 150 S. M. 3,—.

Von den drei Abschnitten dieser vorwiegend die experimentelle Seite des Gegenstandes behandelnden Schrift sind der erste, über die neuere Theorie der Elektrolyse, und der zweite, über die van't Hoffsche Theorie der Lösungen, bereits in dieser Zeitschrift (*VIII 10—22, 78—90, 133—155*) veröffentlicht. Der dritte und ausführlichste Abschnitt (der wegen seiner Ausdehnung nicht in dieser Zeitschrift Aufnahme finden konnte) behandelt die osmotische Theorie des Stromes der Voltaschen Ketten und die daraus sich ergebenden Folgerungen, für deren Bestätigung der Verfasser einfache, von ihm erprobte und zur Demonstration geeignete Versuchsanordnungen mitteilt. *P.*

Lehrbuch der Physik für die oberen Klassen der Mittelschulen. Von Dr. Alois Handl, Professor an der Universität in Czernowitz. Mit 189 in den Text gedruckten Abbildungen. 5. umgearbeitete Auflage. Ausgabe für Gymnasien. Wien, Alfred Hölder, 1894. XI und 266 S. fl 1,20, geb. fl 1,40.

Was über die vierte Auflage dieses Lehrbuchs in d. Zeitschr. *II 99* gesagt wurde, gilt im wesentlichen auch von der vorliegenden, die durch Ausscheidungen und Kürzungen an Umfang erheblich gegen die vorige zurücksteht. Wir stehen nicht an, dies als einen Vorzug des Lehrbuches zu bezeichnen. Der Name Robert Mayer fehlt noch immer neben Joule. Die Potentiallehre ist im einzelnen mehrfach verändert, hat indessen im Ganzen doch ihren Charakter bewahrt; die in den letzten Jahren in d. Zeitschr. und sonst erschienenen Beiträge zur Methodik dieses Gegenstandes haben auf die Darstellung keinen sichtlichen Einfluss geübt. Bemerkenswert durch Einfachheit und Schärfe sind mehrere elementarmathematische Entwicklungen. *P.*

Aufgaben aus der Physik und Chemie. Ein Wiederholungs- und Übungsbuch. Zum Gebrauche für Lehrer und Schüler der oberen Klassen von Bürgerschulen, höheren Töchterschulen und anderen höheren Lehranstalten in zwei Kursen bearbeitet von A. Sattler, Schulinspektor. Mit 160 eingedruckten Holzschnitten. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1895. VIII und 200 S. M. 1,60.

„Der Verfasser hat sich bemüht," wie es im Vorworte heisst, „die vorliegenden Aufgaben streng an den Gang seines Leitfadens der Physik und Chemie anzuschliessen, den dieselben gewissermaassen ergänzen und erweitern." Deshalb kann zunächst an die in dieser Zeischrift (*VII 105*) veröffentlichte Besprechung jenes Leitfadens erinnert werden, da mehrere der dort gemachten Bemerkungen auch für die vorliegende Aufgabensammlung zutreffen, u. a. die, dass in Anbetracht der Verschiedenheit der Vorstellungswelt bei Zöglingen so verschiedener Schulkategorieen wie die im Titel des Buches genannten der Verfasser sich eine unlösbare Aufgabe gestellt hat. Von einer Aufgabensammlung gilt dies sicher in erhöhtem Maasse! Die vorliegende ist sehr reichhaltig und enthält neben vielen einfachen Wiederholungsfragen auch Übungsaufgaben arithmetischer oder geometrisch-construktiver Art, von denen die mit einem Stern bezeichneten, sowie die des chemischen Teiles ausschliesslich der zweiten Lehrstufe angehören. Ein grosser Teil dieser Fragen und Aufgaben findet sich bereits in anderen Büchern, so z. B. gleich aus § 1 die Fragen 3, 6, 7, 8, sowie aus § 2 die von 4 bis 7, 21 bis 26, 43 bis 48 u. a., die aus dem „Übungsstoff" der Physikbücher Dr. Sumpfs wohl allen Lehrern, die nach einem dieser Bücher unterrichteten, schon längst bekannt sind. In manchen Abschnitten trifft man oft auf einer Seite 10 und mehr Fragen, die wörtlich oder mit geringen Abänderungen mit denen der betreffenden Abschnitte der Sumpfschen Bücher (auch in der Reihenfolge) übereinstimmen (man vergl. z. B. S. 10, 15, 74, 75, 78, 96, 106, 117, 139). Andere Aufgaben sind aus der vor mehr als 20 Jahren erschienenen „Sammlung physikalischer Aufgaben von O. Burbach," aus Reis „Lehrbuch der Physik," aus Langhoffs „Chemie für Mittelschulen" und aus Bardeys arithmetischer Aufgabensammlung bekannt. (In betreff der letzteren vergl. man z. B. die Aufgaben über spec. Gewicht auf S. 51, die sich bei Bardey als Gleichungen der III. Stufe finden. Da es der Verfasser unterlassen hat, seine Quellen zu nennen oder wenigstens eine Aufklärung über diesen eigentümlichen Zusammenhang zu geben, so bleibt es Jedem überlassen, sich selbst ein Urteil darüber zu bilden. Erwähnt sei nur noch, dass die Sammlung von didaktischen Mängeln nicht frei ist und dass ausserdem viele Fragen für die Zwecke des physikalisch-chemischen Unterrichts ganz belanglos sind; das Buch bedarf deshalb, wenn es beim Unterricht benutzt werden sollte, noch einer gründlichen Prüfung und Sichtung. *A. Pabst*, *Cöthen.*

Lehrbuch der anorganischen Chemie für die Oberstufe der Realschulen. Methodisch bearbeitet von Max Rosenfeld, Prof. an der k. k. Staats-Oberrealschule in Teschen. Wien, A. Pichlers Ww., 1894. 128 S.

Das vorliegende Lehrbuch hat sich die Aufgabe gestellt, den Lehrstoff, der in des Verfassers „Leitfaden für den ersten Unterricht in der anorganischen Chemie" (diese Ztschr. *VI 210*) niedergelegt ist, zu erweitern und zu vertiefen. Er setzt daher die Kenntnis dieses Leitfadens voraus; indessen sind in einer längeren Einleitung (27 S.) die wichtigsten Thatsachen der früheren Stufe, die Arten der chemischen Processe, das Gewichtsgesetz, die Sätze der Atomtheorie u. a. zusammengestellt, so dass in vielen Fällen auf den ersten Teil nicht direkt zurückgegriffen zu werden braucht. Auch sind am Schluss der Einleitung noch 81 Aufgaben hinzugefügt, durch welche der Gang der ersten Unterrichtsstunden ersichtlich gemacht werden soll. Die auf die Einleitung folgende „spezielle Chemie" gliedert sich in 12 Kapitel: „die atmosphärische Luft," (welche eine sehr eingehende Behandlung auf historischer Grundlage erfährt), „Oxyde, Stickstoffverbindungen, Sulfide und Sulfate, Haloidverbindungen, Kohlenstoff und dessen Verbindungen, Phosphor und phosphorsaure Salze, Borverbindungen, Silikate, Verbindungen von Metallen, deren Oxyde sowohl Basen als auch Säuren bilden können, Darstellung der Metalle, Beziehungen der Atomgewichte zu den Eigenschaften der Elemente." Diese Anordnung des Stoffes, welche erkennen lässt, dass der Verfasser hier ebenso wie im erwähnten ersten Teil eigene Wege verfolgt, hat den Vorzug, dass einerseits eine Übersicht des Ganzen nach wichtigen Gesichtspunkten erzielt wird, andererseits die Mineralien in natürlichen Gruppen sich anschliessen. Höchstens wäre zu wünschen, dass die Mineralien nicht nur angehängt, sondern auch in den Gang der chemischen Ausführungen mit verflochten wären. Die Kennzeichen der Behandlung des Stoffes im einzelnen sind Einfachheit und wissenschaftliche Klarheit. — Die illustrative Seite des Buches ist im Gegensatz zum ersten Teil nur spärlich bedacht; es ist von Figuren zu den Versuchen abgesehen, die wenigen Zeichnungen gehören meist der Metallurgie an. Die Angaben über den

kritischen Druck der Gase sind zuweilen nicht genau; der kritische Druck von Stickstoff z. B. beträgt nicht 50, sondern 35 Atmosphären, und der flüssige Stickstoff siedet nicht bei —139° (S. 32), sondern bei —194°. Bei der Gewinnung des Aluminiums war für die „Darstellung im Grossen" (S. 117) die Elektrolyse in den Vordergrund zu stellen. Ein Register fehlt. Im übrigen ist der vorliegende zweite Teil gleich dem ersten durchaus der Beachtung zu empfehlen. *O. Ohmann.*

Methodisch-systematisches Lehrbuch für den chemisch-mineralogischen Unterricht auf Realschulen (höh. Bürgerschulen) von Dr. W. H. Schultze. Mit 62 Abbildungen. Hannover, O. Goedel, 1894. 114 S. M. 1,20.

Der vorliegende Leitfaden zerfällt gewissermaassen in einen methodischen Teil, der von den 11 Kapiteln die ersten 6 umfasst, und einen systematischen Teil. Der methodische Teil nimmt — nachdem in Kapitel 1 eine Art Einleitung „Körper und Kräfte" gegeben ist — 5 „Ausgangspunkte": Süsswasser, Salzwasser, Schwefelsäure, Salpetersäure, Kohlensäure. Diese Körper werden einzeln auf ihre chemische Natur untersucht, wobei sich der Verfasser im ganzen an F. Wilbrands Ausführungen anlehnt. Der verwandte Stoff wird daran zweckmässig angeschlossen unter der allerdings unzutreffenden Rubrik „b) Eigenschaften"; Kapitel 6 wird z. B. so geordnet: a) Ausgangspunkt: Kohlensäure, b) Eigenschaften: Kohlenstoff, Kohlenzweioxyd (statt Kohlendioxyd), Kohlenoxydgas, Kiesel, Quarz. Im zweiten, im Buch jedoch nicht für sich abgeschiedenen Teil, werden in Kapitel 7 die „allgemeinen Eigenschaften der Minerale", in den übrigen die Leichtmetalle, die Schwermetalle, Molekel und Atom, schliesslich die Stöchiometrie behandelt.

Das erste Kapitel hat noch manches von dem Charakter der Einleitungen, wie sie früher allgemein üblich waren, — in denen dem Schüler Begriffe zur Auffassung zugemutet wurden, die besser ans Ende als an den Anfang zu stellen sind —, hat aber den Vorzug der Kürze ($1^1/_2$ S.). Glücklicher verfährt der Verfasser im allgemeinen in dem Hauptteil, den Untersuchungen. Doch muss Ref. bezweifeln, ob es zweckmässig ist, gleich am Anfang die elektrolytischen Vorgänge, die ihrem ganzen Wesen und der Versuchsherrichtung nach nicht so leicht zu durchschauen sind, so stark heranzuziehen, wie es in den beiden ersten Kapiteln, Süsswasser und Salzwasser, geschehen ist. Die einzelnen Versuche, von denen übrigens die Art und Weise der praktischen Anstellung nicht näher angegeben ist, sind nicht als solche herausgehoben, sondern in den Gang der Darstellung verflochten, und nur das Wort „Ausführung" am Rande besagt, wann ein Versuch anzustellen ist. Der Übergang von einem Gegenstand zum folgenden wird vielfach durch „Fragen" vermittelt. Dies gewährt, zumal für den Gang des Unterrichts selbst, gewisse Vorteile, hat aber den Nachteil, dass die weniger befähigten Schüler, die entweder in der nicht immer einfachen Fragestellung oder in der Sache selbst Schwierigkeiten finden, bei häuslichen Repetitionen nur schwer oder gar nicht in den Stoff eindringen können.

Die Verknüpfung der Mineralogie mit der Chemie ist nur lose; erst ziemlich spät treten einige Mineralien auf. Im oben bezeichneten Kap. 7 werden hauptsächlich die Krystallsysteme behandelt; hierbei beschränkt sich der Verfasser mit Recht auf die wichtigsten Formen und verzichtet auf die Naumannsche Bezeichnungsweise.

Von Einzelheiten seien bemerkt: Der Satz (S. 14): „So z. B. zeigt Quecksilber auch bei sehr starker Erhitzung keine Veränderung. Erst wenn dieselbe längere Zeit dauert, überzieht es sich u. s. w." ist dahin richtig zu stellen, dass *Hg* selbst bei lange dauernder sehr starker Erhitzung keine Oxydbildung aufweist, sondern nur wenn es bei verhältnismässig niedriger Temperatur erhitzt wird. Bei der sogenannten „Elektrolyse des Wassers" (S. 7), ist wenigstens darauf hinzudeuten, dass das Wasser angesäuert sein muss, wenn auch verschwiegen werden mag, dass reines Wasser kein Elektrolyt ist. Verwirrend für die Folge dürfte es wirken, wenn bei der ersten Anwendung von Lackmus dieser als roter Farbstoff eingeführt wird, denn S. 20 heisst es vom $NaHO$ „Einen roten Farbstoff: Lackmus, aus der Färber- oder Lackmusflechte . . . gewonnen, färbt diese Verbindung blau." Die Salzsäure löst nicht „in verdünntem Zustande viele Metalle" (S. 31). Der Schwefelsäurerest SO_4 darf nicht als „Schwefelsäureradikal" (S. 39) bezeichnet werden. Anstatt beim Kochsalz zu sagen: „In warmem Wasser löst es sich (wie alle Salze) etwas mehr als in kaltem" (S. 72), wäre es zweckmässiger gewesen, gerade auf die technisch wichtige Ausnahme hinzuweisen, die das Kochsalz in dieser Beziehung macht. Ein Register fehlt. — Das Buch sei besonders den an Realschulen unterrichtenden Fachgenossen zur Beachtung empfohlen. *O. Ohmann.*

Grundzüge der Chemie. Eine Chemie des täglichen Lebens und systematische Darstellung des Wichtigsten aus der allgemeinen, anorganischen, organischen und technischen Chemie von A. Sprockhoff, K. Seminarlehrer in Berlin. Hannover, Carl Meyer 1893. 416 S. M. 4,—.

Wenn für ein Buch, welches pädagogischen Zwecken dienen will, die Fülle und Mannigfaltigkeit des zusammengetragenen Materials maassgebend wären, so müsste man dem vorliegenden nur das günstigste Urteil ausstellen. Das Bestreben, in der ersten Abteilung die wichtigsten chemischen Vorgänge des täglichen Lebens zu behandeln und an diese den übrigen chemischen Lehrstoff anzuschliessen, ist an sich anerkennenswert, aber die Ausführung leidet an vielen Unklarheiten und Mängeln, trotzdem die Grundzüge „auf Wissenschaftlichkeit Anspruch machen.“ S. 28 heisst es z. B. über Kieselguhr „Es ist dies das Kreidepulver, welches in der Regel die Feuersteine umgiebt.“ . . S. 302 heisst es vom phosphorsauren Kalk „Er dient zur Gewinnung des Phosphors wie der Phosphorsäure, welche fast ausschliesslich aus den Knochen dargestellt werden, und da er nicht schmilzt, so wird er in der Form von Knochenmehl zur Fabrikation des Milchglases benutzt“ — gleichzeitig eine Stylprobe. Das wasserfreie Calciumsulfat wird (S. 301) „Anhydrid“ statt Anhydrit genannt. Nach S. 346 ist die organische Chemie die Chemie „derjenigen Atomverkettungen, welche durch die Lebenskraft erzeugt werden.“ . . Nach S. 18 bildet der Stickstoff „einen Bestandteil aller organischen Körper.“ . . S. 119 wird vom Phosphorwasserstoffgas angegeben, es „besteht aus 1 Teil (?) Phosphor und 3 Teilen Wasserstoff, hat also das Zeichen PH_3. An der Luft entzündet es sich von selbst;“ während Selbstentzündung bekanntlich nur stattfindet, wenn der andere Phosphorwasserstoff $H_4 P_2$ beigemischt ist. S. 395 heisst destilliertes Wasser „aqua destillatica.“ S. 20 steht „Ammoniakhaltiges Wasser wird gewöhnlich Salmiakgeist genannt, und ist statt des Wassers Spiritus verwandt worden, so hat man Salmiakspiritus!“

Das Buch ist „für Lehrer bestimmt und solche die es werden wollen.“ Wer sich aber von dieser Seite aus besonderer Neigung mit dem einen oder anderen der behandelten Gebiete wissenschaftlich beschäftigen will, der wird gut thun, an die Quellen zu gehen, die der Verfasser benutzt hat, und die einfacheren wissenschaftlichen Handbücher selbst zu studieren. — Die im gleichen Verlage von demselben Verfasser erschienenen „Einzelbilder aus der Chemie“ 64 S. M. 0,40; sowie „Schulchemie“ 1893. 208 S. M. 1,60, stellen Auszüge des obengenannten Buches dar, besonders der ersten Abteilung desselben. Obgleich die meisten der oben citierten Mängel auch in ihnen wiederkehren, so machen sie doch im ganzen einen günstigeren Eindruck. *O. Ohmann.*

Programm-Abhandlungen.

Über einige Apparate zur Demonstration der Praecession und ihrer Folgen sowie über einige mit der Praecession im Zusammenhange stehende historische Thatsachen. Von Dr. Karl Haas. Mit 2 Illustrationen im Text und 2 Sternkarten. Programm des k. k. Staatsgymnasiums im VI Bezirke. Wien 1894. 30 Seiten.

Die gewöhnlichen Himmelsgloben sind nicht Schätze für die Ewigkeit, sie stellen nur für wenige Jahrzehnte die tägliche Rotation mit der von ihnen zu erwartenden Genauigkeit dar, denn wenn auch die gegenseitige Lage der Fix-Sterne am Himmel fast unverändert bleibt, so stützt sich doch das hohle Himmelsgewölbe allmählich in immer anderen Punkten auf die zum Beobachtungshorizont feste Weltaxe, vor 4000 Jahren war der Stützpunkt ein Punkt des Drachen, jetzt ein Punkt im kleinen Bären, später werden Sterne im Cepheus, im Schwan, endlich in 12000 Jahren ein Punkt nahe bei Wega in der Leyer, 47° von dem jetzigen Polarstern entfernt, den Pol bilden. Die tägliche Bewegung des Himmels kann daher nur für eine kurze Spanne Zeit mit einer Rotation verwechselt werden, thatsächlich rollt sich ein am Fixsternhimmel zu denkender Kreis oder Reifen, der den Pol der Ekliptik in $23^1/_2$° Abstand umgiebt, auf einer sehr kleinen Kreisscheibe ab, die auf das Ende der den Himmel von der Erde aus stützenden Weltaxe aufgesteckt ist, und die beständig jenen Reifen auf seiner concaven Seite berührt. Die scheinbare Rotationsaxe geht von der Erde nach dem Berührungspunkt der beiden Kreise, und dieser gleitet täglich um den Umfang des kleinen Kreises auf dem grossen fort, nach 26000 Jahren oder 26000 . 366 Tagen, d. h. etwa 9 Million Umdrehungen durchläuft er ihn vollständig, so viel mal ist auch der sphärische Durchmesser des kleinen Kreises in dem des grossen enthalten.

Es sind uns astronomische Erscheinungen aus dem Altertum teils überliefert, wie die poetischen Aufgänge der Gestirne, teils werden solche mit grösserer oder geringerer Wahrscheinlichkeit aus der Lage und Richtung von Bauwerken, wie der Pyramiden, erschlossen. Um diese für die Chronologie zu verwerten, haben schon Biot, Schlegel, Lockyer dem Globus eine Einrichtung zu geben versucht, die ihn auch für jene Zeiten brauchbar macht. Am vollkommensten hat dies der Verfasser durch eine cardanische Aufhängung erreicht, welche gestattet, jeden Punkt des Globus zum Pol der täglichen Drehung zu machen. Der in dieser Zeitschrift *V 237* schon be-

schriebene Globus ist jetzt noch mit einer Einrichtung zur bequemen Bestimmung der Dämmerungserscheinungen versehen, ferner ist statt des früheren Netzes nach Rectascension und Declination, welches schnell veraltet, ein Netz nach Länge und Breite gezeichnet, welches dauernden Wert behält. Der Preis ist nicht angegeben.

Die Erscheinungen, welche die Sonne an irgend einem Ort im Lauf eines Jahres darbietet, hängen nur von der Schiefe der Ekliptik ab, sie würden daher von dem Wandern des Poles gar nicht beeinflusst, wenn dieser sich wirklich genau auf dem oben angegebenen Kreise von $23^1/_2°$ Radius bewegte. Thatsächlich war aber der Abstand des Weltpols vom Pol der Ekliptik in den ältesten historischen Zeiten um etwa 1° grösser, daher rührt es, dass die Strahlen der untergehenden Sonne zur Zeit des Sommer-Solstitiums heute nicht mehr den Tempel des Ammon-Ra im hundertthorigen Theben, dessen gewaltige Trümmer bei Karnak noch heute bewundert werden, genau in Richtung seiner Axe treffen, wie dies nach Nissen ehemals der Fall war. Das Licht musste auf dem 500 m langen Wege vom Eingangsthor bis zum dunkeln Allerheiligsten etwa 17 enge Öffnungen zwischen Pfeilern und Wänden passieren, die nach Lockyer als Schutz gegen Seitenlicht dienten und mit den Diaphragmen eines Fernrohrs zu vergleichen sind. Lockyer glaubt, dass durch solche Vorrichtungen sogar helle Sterne am Horizont in der Dämmerung und bei Sonnenaufgang von dem Adytum aus hätten gesehen werden können, was wohl nicht wahrscheinlich ist, da doch auch in Ägypten das Licht der Sterne am Horizont von der Atmosphäre erheblich geschwächt sein wird. Es erinnert diese Annahme Lockyer's an die vielfach bezweifelte Angabe des Aristoteles, dass man Sterne bei Tage vom Grunde eines tiefen Schachtes sehen könne. Wenn man dagegen in Unter-Ägypten den Tempeln wie auch den Pyramiden genau die Richtung von Westen nach Osten gab, so glauben wir nicht, dass das geschah, um zur Zeit des Äquinoctiums einen Strahl der aufgehenden Sonne in das Innerste des Tempels zu locken, denn dann müssten gerade die Zufälligkeiten des natürlichen Horizonts, z. B. ferne Hügelketten, die auch von Lockyer und Penrose vielfach in Rechnung gezogen werden, eine Abweichung von der genauen Ostrichtung bewirkt haben. Die römischen Tempel sind nach Nissen oft so orientiert, dass das Licht der auf- oder untergehenden Sonne am Festtage des Gottes durch sie hindurchging, z. B. geschehe dieses für die Tempel von Roma und Venus am 21. April, den Palilien, dem Gründungstage Roms.

Für viele ägyptische Tempel soll die Richtung durch einen hellen aufgehenden Stern bestimmt sein, so giebt der Isis-Tempel zu Denderah mit 291° Azimut nach Nissen die Richtung an, in welcher der Sirius um 2000 v. Chr. Geburt aufging, und dies sei deshalb die wahrscheinliche Gründungszeit. Nach Lockyer ist dagegen das Azimut $288^1/_2°$, und er kommt mittelst seines Praecessionsglobus zu der Zeit um 700 v. Chr. für die Erbauung oder Erneuerung des Tempels. Nicht in allen Fällen scheint die Beziehung zwischen der Tempelsgottheit und dem Stern so sicher festgestellt zu sein wie in dem obigen Beispiel, ein Tempel soll sogar nach Lockyer im Wechsel der Jahrtausende erst für α im grossen Bären, nachher für γ im Drachen bestimmt gewesen sein! In einer mitgeteilten Inschrift ist davon die Rede, wie die Seilspanner beim Abstecken eines Tempel-Grundrisses verfuhren, dass sie aber gerade einen aufgehenden Stern benutzten, der ja auch schwer sichtbar war, steht nicht darin. Für ganz unmöglich halten wir es, dass der aufgehende Stern nicht nur vom Innern des Tempels hätte subjectiv wahrgenommen werden können, sondern dass er sogar objective Beleuchtungseffecte an geschliffenen Säulen und Edelsteinen hätte hervorbringen können. Uns scheint es nicht schwer zu sein, für jede beliebige etwa noch zu entdeckende Tempelruine einen Gründungs-Stern ausfindig zu machen, denn 1. steht eine ganze Zahl Sterne erster und zweiter Grösse zur Verfügung 2. kann man die Tempelgründung um beliebig viele Jahrtausende zurückverlegen 3. darf man statt des Azimut beim wahren Aufgang auch das Azimut für eine Höhe von 1° oder 2° setzen, indem man sich eine Hügelkette oder Nebelwand von dieser Höhe denkt, 4. ist aus den Trümmern die Richtung der Tempelaxe nicht mit absoluter Genauigkeit festzustellen.

Noch viel zweifelhafter oder ganz hinfällig scheinen uns die Resultate, zu denen Penrose nach dieser Methode für die griechischen Tempel gelangt ist. Der Tempel in Eleusis soll nach dem Sirius orientiert sein, der dort einst am 14. September um Mitternacht aufging, während die Mysterien am 16. September begannen. Ging denn nicht an anderen Tagen, wenn auch nicht um Mitternacht, der Sirius auch in Richtung der Tempelaxe auf? Für andere Tempel soll sowohl die am Festtage aufgehende Sonne als auch ein Stern maassgebend sein, der durch seinen Aufgang oder Untergang auf das baldige Erscheinen der Sonne hinwies. Für diesen Zweck ist doch aber die Morgenröte viel geeigneter als ein verblassendes Sternchen, etwa ζ im Wassermann. Im Tempel von Sunium soll der Sonnen-Aufgang durch den Untergang des nebelhaften Sternhaufens

der Plejaden am 20. October angezeigt worden sein, demnach wäre der Tempel nach Westen gerichtet, und der Sonnen-Aufgang wäre für ihn bedeutungslos. Das Minervafest soll in diesem Tempel erst am 30. October gefeiert sein.

Wenn nun auch solche Sternaufgänge bei Sonnenaufgang und ähnlichen Erscheinungen nicht die Gründungsjahre griechischer Tempel ergeben, so sind sie doch wichtig, weil sich ihrer häufig die Dichter in Ermangelung eines sichern Kalenders zur Bezeichnung der Jahreszeiten bedienen. Es wird selten bei der Klassiker-Lektüre hervorgehoben, dass die erwähnten Sternaufgänge nicht nach Analogie von Sonnenaufgang auf die tägliche Rotation zu beziehen sind. Betrachtet man von Tag zu Tag abends den West-Himmel, so findet man dieselben Sterne immer tiefer am Horizont wieder, man kann einen bestimmten Stern in der Dämmerung bald nur noch mit Mühe erkennen und verliert ihn schliesslich ganz. Dies ist der kosmische Untergang. In den früheren Wochen und Monaten konnte man dagegen den Stern leicht bis fast zu seinem Untergange, der mitten in der Nacht eintrat, verfolgen. Geht man sehr weit zurück, so findet man, dass der Untergang in immer spätere Nachtstunde fiel, und seine Sichtbarkeit vor sehr langer Zeit sogar durch die Morgendämmerung beeinträchtigt wurde, der früheste Untergang, den man noch hätte beobachten können, ist daher der bei Sonnenaufgang, an der äussersten Grenze der Nacht, der akronychische. Betrachtet man dagegen täglich den Ost-Himmel bei Sonnenaufgang, so findet man die einmal beobachteten Sterne in immer grösserer Höhe wieder, unter ihnen entsteht ein Saum neuer Sterne, der sich später gleichfalls erhebt. Der Tag, an dem ein bestimmter Stern zum ersten Mal auf sehr kurze Zeit hervorschimmert, ist sein kosmischer Aufgang. An den folgenden Tagen, Wochen, Monaten sieht man den Stern schon in der Nacht deutlich aufgehen, der Aufgang des Sternes rückt durch alle Nachtstunden hindurch schliesslich bis auf die Zeit der Abenddämmerung und wird nun nicht mehr wahrgenommen. Der letzte Aufgang fällt mit Sonnenuntergang zusammen und heisst akronychischer Untergang. Wegen der Dämmerung muss man einen wahren und einen scheinbaren kosmischen Aufgang wie Untergang unterscheiden, ebenso einen wahren und scheinbaren akronychischen. Die wahren wären nur durch ein sehr gutes Fernrohr zu beobachten, wenn der Stern und zugleich die Sonne im Horizont ist, die scheinbaren sind mit blossem Auge zu sehen, wenn der Stern nahe dem Horizont, die Sonne 11° unter ihm steht. Den scheinbaren kosmischen Auf- und Untergang nennt man auch den heliakischen. Diese Bezeichnungen sind die üblichen und, wie oben gezeigt, rationellen, der Verfasser führt sie nach Biot mit einigen Abweichungen an, die wohl nur auf Versehen beruhen. Dagegen können wir die Neuverteilung der Namen, die von Wislicenus herrührt, nicht billigen. Nach dieser soll akronychisch alles das heissen, was bei Sonnenuntergang geschieht, als ob dieses Wort den Anfang der Nacht bedeutete. Es heisst aber ἄκρα νύξ an sich jeder äusserste Teil der Nacht, sowohl Anfang als Ende, in der gewöhnlichen Sprache gerade vorzugsweise die tiefe, späte Nacht, da hier meistens von Vorgängen die Rede ist, die sich von den Abendstunden in die Nacht hineinziehen. Als Beispiel führen wir aus der Lockyer'schen Tabelle an, dass Sirius 3200 v. Chr. zur Zeit des Sommer-Solstitiums heliakisch aufging, wahrscheinlich für eine geographische Breite von 30°.

In der Arbeit wird ferner noch ein Modell beschrieben, welches die Wirkung der Praecession zugleich mit der Bewegung der Erde um die feste Sonne darstellt, der Himmel ist nur durch einen Ring mit den 12 Sternbildern des Tierkreises angedeutet. Einen verschiebbaren concentrischen Kreis würden wir, statt mit den Zeichen des Tierkreises, lieber mit der Längenteilung 0° 30° . . . 360° versehen. Wir glauben nicht, dass den Zeichen Widder, Stier . . . noch eine grosse Zukunft beschieden ist. Dieses Modell kann auch für die Ballsche Eiszeit-Theorie verwertet werden, nach welcher zu Zeiten, wo die Excentricität der Erdbahn bedeutend ist, alle 11000 Jahre eine Eiszeit auf der nördlichen und südlichen Erdhälfte mit einander wechseln.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass der Verfasser auch die Erklärung der Praecession nach Airy und nach Poggendorff für möglich hält und die letztere mit ihren wiederholten Zerlegungen von Geschwindigkeiten durch ein Modell zu erläutern sucht. Wir haben früher nachgewiesen, dass die Airysche Betrachtung wertlos ist, und dass man bei der Poggendorff'schen Erklärung sich mit der ersten Zerlegung begnügen muss, um daraus die inducierte Kraft abzuleiten, die der sachgemässe und notwendige Hilfsbegriff für die Erkenntnis der Kreiselbewegung ist.

M. Koppe.

Himmelserscheinungen im November und December 1895.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♁ Erde, ☉ Sonne, ♂ Mars,
♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☌ Conjunktion, □ Quadratur, ☍ Opposition.

	November						December							
Monatstag	2	7	12	17	22	27	2	7	12	17	22	27	32	
Helio-centrische Längen.	79°	109	137	162	183	201	217	232	246	260	274	288	304	☿
	67	75	83	91	99	107	115	123	131	140	148	156	164	♀
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	101	♁
	208	211	213	215	218	220	222	225	227	230	232	235	237	♂
	117	118	118	119	119	119	120	120	121	121	122	122	122	♃
	220	220	220	221	221	221	221	221	221	221	222	222	222	♄
Aufst. Knoten.	340°	339	339	339	339	338	338	338	338	337	337	337	336	☾
Mittl. Länge.	42	108	174	239	305	11	77	143	209	275	341	47	112	☾
Geo-centrische Recta-scensionen.	34°	105	173	242	313	7	70	144	208	281	343	37	111	☾
	204	205	210	216	223	230	238	246	254	263	272	280	289	☿
	177	180	184	188	193	198	202	207	213	218	223	229	235	♀
	217	222	227	233	238	243	248	254	259	265	270	276	282	☉
	211	214	217	220	224	227	231	234	238	242	245	249	253	♂
	131	131	131	132	132	132	132	131	131	131	131	130	130	♃
	218	219	219	220	221	221	222	222	223	223	224	224	225	♄
Geo-centrische Dekli-nationen.	+18°	+27	+ 2	−26	−20	+ 6	+27	+16	−16	−27	− 7	+20	+26	☾
	− 9	− 8	−10	−12	−15	−17	−20	−22	−23	−25	−25	−25	−24	☿
	+ 1	− 0	− 1	− 2	− 4	− 5	− 7	− 9	−10	−12	−14	−15	−17	♀
	−15	−16	−18	−19	−20	−21	−22	−23	−23	−23	−23	−23	−23	☉
	−12	−13	−14	−15	−17	−18	−18	−19	−20	−21	−22	−22	−23	♂
	+19	+19	+18	+18	+18	+18	+18	+19	+19	+19	+19	+19	+19	♃
	−13	−13	−13	−13	−13	−14	−14	−14	−14	−14	−14	−15	−15	♄
Aufgang.	19h 2m	19.11	19.20	19.29	19.38	19.46	19.53	20.0	20.5	20.9	20.12	20.13	20.13	☉
	3h 54m	7.31	14.49	22.12	0.45	1.37	3.16	9.41	16.57	4.21	23.34	0.19	4.21	☾
Untergang.	4h 27m	4.18	4.10	4.2	3.56	3.51	3.47	3.45	3.44	3.44	3.46	3.49	3.54	☉
	20h 13m	0.38	2.15	3.46	9.18	15.19	21.42	24.11	0.59	22.24	10.40	16.50	21.42	☾
Zeitglchg.	−16m 20s	−16.13	−15.45	−14.56	−13.45	−12.16	−10.29	−8.26	−6.10	−3.45	−1.16	+1.13	+3.38	☉

Daten für die Mondbewegung (in Berliner Zeit):

November	2d	4h	11,m9	Vollmond	December	1d	19h	32,m0	Vollmond
„	9	12	0,2	Letztes Viertel	„	8	20	2,7	Letztes Viertel
„	13	5		Mond in Erdnähe	„	9	6		Mond in Erdnähe
„	16	6	5,1	Neumond	„	15	19	23,4	Neumond
„	23	20	12,3	Erstes Viertel	„	22	21		Mond in Erdnähe
„	25	0		Mond in Erdferne	„	23	28	15,0	Erstes Viertel
					„	31	9	24,3	Vollmond.

Constellationen. November: 1 14h ☿ in Sonnenähe; 2 5h ♄ ☌ ☉; 5 9h β *Tauri* vom ☾ bedeckt; 8 20h ♃ ☌ ☾; 10 7h α *Leonis* vom ☾ bedeckt; 10 11h ☿ in grösster westlicher Ausweichung; 12 23h ♀ ☌ ☾; 15 2h ☿ ☌ ☾; 15 12h ♂ ☌ ☾; 15 13h ♄ ☌ ☾; 16 6h ♂ ☌ ♄, ♂ 1° 59′ südlicher; 20 11h ☿ ☌ ♄, ☿ 0° 29′ südlicher; 23 14h ☿ ☌ ♂, ☿ 1° 13′ nördlicher; 29 16h ♀ in grösster westlicher Ausweichung. — December: 2 16h β *Tauri* vom ☾ bedeckt; 6 2h ♃ ☌ ☾; 7 12h α *Leonis* vom ☾ bedeckt; 11 5h ♀ in Sonnennähe, 12 9h ♀ ☌ ☾; 13 2h ♄ ☌ ☾; 14 6h ♂ ☌ ☾; 14 11h ♂ ☌ β *Scorpii;* 15 13h ☿ in Sonnenferne; 15 15h ☿ ☌ ☾; 20 6h ☿ obere ☌ ☉, wird Abendstern; 21 15h ☉ im Steinbock, Wintersonnenwende; 22 10h ♀ ☌ ♄, ♀ 0° 33′ nördlicher.

Meteore. Leoniden Nov. 11—13; Andromediden Nov. 27; Dec. 8—11 zahlreiche Meteore.

Veränderliche Sterne. Algols-Minima treten ein Nov. 6 16h, 9 13h, 12 10h, 15 7h, 29 15h; Dec. 2 12h, 5 9h, 8 5h, 22 14h, 25 10h, 28 7h. — Betreffs der anderen Sterne vergleiche die Notizen für September und Oktober. *J. Plassmann*, *Warendorf.*

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Otto Lange in Berlin C.

Namen-Verzeichnis.

Bei Original-Beiträgen sind die Namen der Verfasser gesperrt gedruckt.

Sach-Verzeichnis.

Bei Original-Beiträgen sind die Namen der Verfasser gesperrt gedruckt.